

1 y 2 de Noviembre  
**Mendoza**

**OSINI 2018**  
XI CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**aacini**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRERAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Memorias**

**OSINI 2018**

**XIº Congreso de ingeniería Industrial**

1 y 2 de Noviembre

Mendoza, Argentina



**aacini**  
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**Compiladores**

Dr. Ing. Ind. Rubén Mario Lurbé  
Esp. Arq. Miguel Angel Risetto  
Dr. Ing. Diego Gastón Serra  
Ing. Federico Mendizabal  
Esp Ing. Jorge Eduardo Abet  
Ing. Hector Gallegos

Mg. Ing. Iván Barón  
Esp. Ing. Patricio Gonzalez Viascas  
M.S. Ing. Jorge Alejandro Mohamad  
Lic. Mónica Lopez Sardi  
Ing. León Horowicz  
Mg. Edgardo Boschin



**REUN**

Red de Editoriales de  
Universidades Nacionales



Libro  
Universitario  
Argentino

edUTecNe



## **Carta del Presidente de la AACINI**

Este libro reúne los trabajos presentados en el 11º Congreso Argentino de Ingeniería Industrial –COINI- realizado en la Universidad de Mendoza los días 1 y 2 de noviembre de 2018.

Los libros de los COINI surgieron en el año 2007, junto con la necesidad de dar respuesta a los requerimientos de la CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación, dependiente del Ministerio de Educación) enfocados fundamentalmente en el plano de la investigación, un área en ese momento deficitaria para todas las ingenierías de nuestro país.

Así, en 2006, planteamos crear un evento para la Ingeniería Industrial en la Argentina que dé respuesta a esta problemática, promoviendo la presentación de los trabajos académicos y científicos, y su publicación, además de desarrollar un ámbito que facilite la formación mediante conferencias de especialistas y el intercambio de experiencias entre pares.

Haciendo un poco de historia de los COINI –que puede además motivar a que el lector consulte los libros de las ediciones anteriores- nuestros congresos fueron: I COINI 2007 UNLAM (Universidad Nacional de La Matanza), II COINI 2008 ITBA (Instituto Tecnológico de Buenos Aires), III COINI 2009 UNAM (Universidad Nacional de Misiones), IV COINI 2011 UTN FRSC (Facultad Regional Santa Cruz de la Universidad Tecnológica Nacional), V COINI 2012 UNLZ (Universidad Nacional de Lomas de Zamora), VI COINI 2013 UTN FRSR (Facultad Regional San Rafael de la UTN), VII COINI 2014 UTN FRCH (Facultad Regional Chubut de la UTN), VIII COINI 2015 UTN FRC (Facultad Regional Córdoba de la UTN), IX COINI 2016 UNSA (Universidad Nacional de Salta), X COINI 2017 UBA (Universidad Nacional de Buenos Aires), XI COINI 2018 (Universidad de Mendoza) y este año, el XII COINI 2019 UTN FRSC (Facultad Regional Santa Cruz), en pleno proceso de preparación.

Como puede verse, se realizaron dos Congresos en la Ciudad de Buenos Aires y el resto fueron en Provincias del centro, norte y sur del país, demostrando siempre el espíritu federal e inclusivo que nos propusimos desde el primer día para acercar la ingeniería industrial a todos los rincones de nuestro país.

En esta XI edición del libro del COINI tenemos el orgullo de publicar 76 trabajos de gran nivel, con registro ISBN y evaluados por especialistas con el sistema doble ciego, con el más alto rigor científico. Sus temáticas son muy variadas y esto lo hace muy interesante porque se encuentran temas técnicos, de gestión, de innovación, de emprendedorismo, de educación y tantos otros, que muestran la esencia multidisciplinaria y el amplio campo de la Ingeniería Industrial, que permite además que otras especialidades presenten y publiquen sus trabajos en nuestros COINI.

En tal sentido, podemos decir con gran satisfacción y orgullo que gracias a nuestros COINI y sus publicaciones, dimos respuesta a más de 1200 trabajos y a 4000 autores, que con su esfuerzo han permitido que los procesos de Acreditación de sus carreras ante la CONEAU hayan sido exitosos hoy casi en el 100% de los casos, pasando del 1% de acreditación por 6 años (en 2004) a más del 70% en la actualidad.



Estos resultados tan impactantes han sido posibles gracias al aporte incansable de un grupo de Directores de Carrera que ya en 2006 vislumbraron que había que organizarse para que las carreras de Ingeniería Industrial den un salto de calidad – creando los Congresos COINI con sus publicaciones-, y que luego, en 2011, con esa misma visión de futuro, fundaron la AACINI, la Asociación Argentina de Ingeniería Industrial y Afines, la primer y única Red de la Argentina para la especialidad, reconocida por el CONFEDI (el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería).

Hoy la AACINI está integrada por una Comisión Directiva y más de 60 Directores de Carrera de Ingeniería Industrial y Licenciaturas de Organización Industrial, de Universidades Públicas y Privadas, transformándose probablemente en la Red más numerosa e importante de Ingeniería en la Argentina, tanto por la cantidad de carreras que nuclea como por el resultado de su constante accionar.

En tal sentido y para concluir, agradezco el esfuerzo y acompañamiento que día a día realiza la Comisión Directiva de la AACINI, como así también el de los Directores que con su participación potencian a nuestra Red.

Agradezco también -y felicito- a todas las Instituciones Sedes de nuestros COINI y a los Directores de Carrera que asumieron el desafío de organizar un evento de tamaño magnitud y complejidad, siempre con resultados inmejorables.

Por último, agradezco a la Editorial **edUTecNe** por la publicación de este libro del XI COINI 2018 UM, y espero que nos encontremos en el XII COINI 2019 UTN FRSC, que seguramente será otro éxito.

Es mi ferviente deseo el poder continuar trabajando juntos -y con el espíritu de cordialidad que siempre prima en nuestros COINI y en nuestra AACINI- para contribuir no solo a la calidad y mejora de la carrera de Ingeniería Industrial, sino también a la producción, difusión y transferencia de conocimientos, indispensables para el desarrollo y bienestar de nuestra querida República Argentina.

**Miguel Ángel Risetto**  
Presidente AACINI

## **Carta de Presidente Comité organizador COINI 2018**

Querido lector, en el presente trabajo editorial nos es muy grato poner a tu alcance el resultado de los casi 80 trabajos presentados en el COINI 2018, el cual llevamos a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza, como responsable de la organización, quisiera contarte que para nosotros fue un placer y una alegría muy grande poder recibir a todos los participantes de este, autores, asistentes, directores de carrera y autoridades de la ACIINI. Nos exigió un esfuerzo muy grande, pero nunca nos rendimos antes los inconvenientes que iban surgiendo, sobre todo porque teníamos un grupo humano de colaboradores, compuesto por alumnos, profesores y personal administrativo, que pusieron lo mejor de ellos para que el COINI fuese un éxito como, creemos lo fue.

No puedo dejar de agradecer la colaboración de las autoridades de la ACIINI, que nos fueron guiando con el bagaje de experiencias previas para la organización del evento, y tampoco quiero dejar de agradecer a las autoridades de la Universidad que nos apoyaron desde el primer día hasta el último.

En la presente publicación encontrarán todo lo expuesto en el congreso, material muy valioso que les permitirá tomar una muy buena idea sobre los temas que los ingenieros industriales estamos investigando para el desarrollo de nuestra industria, de nuestras carreras y finalmente para el bien común de nuestra querida patria.

Espero que disfruten de la lectura del presente trabajo y esperamos vernos en los próximos COINI.

**Ing. Patricio González Viescas**  
Presidente Comité organizador COINI 2018  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza

# Comité Organizador - XI COINI 2018 - FI UM - AACINI

## Presidencia

<b>Presidente Honorario</b>	Dr. Eduardo Luna - Rector Universidad de Mendoza
<b>Vice-Presidente Honorario</b>	Mg. Ing. Alfredo Iglesias - Decano FI UM
<b>Presidente COINI</b>	Patricio Gonzalez Viescas - Director carrera FI UM
<b>Vice-Presidente COINI</b>	Miguel Ángel Risetto - Presidente AACINI - UTN - FRA

## Coordinación General

Esp. Ing. Patricio González Viescas	patricio.gonzalez@um.edu.ar
Ing. Ruth Gravina	ruth.gravina@um.edu.ar
Sra. María José Gione	maria.gione@um.edu.ar
Esp. Arq. Miguel Risetto	miguelrisetto@gmail.com

## Comité Científico y de Publicaciones

Esp. Ing. Patricio González Viescas	patricio.gonzalez@um.edu.ar
Mg. Ing. Iván Barón	bsbingeneria@infovia.com.ar
Esp. Arq. Miguel A. Risetto	miguelrisetto@gmail.com
Dr. Ing. Mario Lurbe	mariolurbe@yahoo.com
Mg. Ing. Alejandro Mohamad	jorge_mohamad@uca.edu.ar
Ing. Alberto Cortez	cortezalberto@gmail.com
Dra. Eugenia Artola	ecartola@hotmail.com

## COINI 2019

Ya estamos en condiciones de anunciar el próximo **COINI 2019** en la ciudad de Rio Gallegos, organizado por la Facultad Regional Santa Cruz de la UTN, el congreso se desarrollara en la sede de la Facultad Regional, los días 31 de octubre y 1ro de noviembre, ya estamos trabajando para recibirlos y poder tener un gran COINI, pueden consultar a [coini2019@frsc.utn.edu.ar](mailto:coini2019@frsc.utn.edu.ar) .

Atte.

Dr. Ing. Ind. Rubén Mario Lurbé  
Presidente COINI 2019

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

El sistema de evaluaciones del COINI es responsabilidad desde hace unos años del equipo de la F.R. San Rafael de la UTN, dirigido por el Mg. Ing Iván Barón y coordinado por el Ing. Juan Ignacio Sáenz

Los trabajos presentados en el Congreso son evaluados por el método doble ciego, en el cual los evaluadores no conocen la identidad de los autores y los autores no conocen la identidad de los evaluadores. Las evaluaciones son realizadas a través de un comité científico permanente capitalizando las experiencias adquiridas en cada edición del COINI.

El comité de Evaluaciones está conformado por un director y coordinadores que llevan a cabo la organización y gestión del proceso evaluativo, y coordinadores de área encargados de analizar y asignar los evaluadores más idóneos para cada trabajo, y un cuerpo de profesionales, científicos y/o investigadores competentes que realizan las evaluaciones.

<b>Comité de Evaluaciones - COINI 2018</b>	
<b>Cargo</b>	<b>Nombre</b>
Director del Comité de Evaluaciones	Mg. Ing. Iván Barón
Coordinador general del Comité de Evaluaciones	Ing. Juan Ignacio Sáenz
Co-coordinador del Comité de Evaluaciones	Ing. Javier A. Giunchi
Coordinador de área: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria	Mg. Ing. Edgardo Boschín
Coordinador de área: Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional	Ing. Jéscia Romero
Coordinador de área: Gestión de Operaciones y Logística	Mg. Ing. Ariel Morbidelli
Coordinador de área: Gestión Económica	Ing. Bruno Romani
Coordinador de área: Innovación y Gestión de Productos	Esp Arq. Miguel Risetto
Coordinador de área: La Educación en la Ingeniería Industrial	Ing. Lucas Pietrelli
Coordinador de área: Emprendedorismo e Ingeniería Industrial	Esp. Ing. Angel Quiles



## LISTADO DE EVALUADORES

Apellido y Nombres	Universidad a la que pertenece
Benegas Miguel Diógenes	Universidad Nacional de General Sarmiento
Couselo Romina Evelin	Universidad Nacional de la Plata
Lavandera Marcos	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Orozco, Fernando Javier	Universidad de Mendoza
Vecchi, Carlos Adrián	Universidad Nacional del Nordeste
Vela Julian Edgardo	UTN Facultad Regional Avellaneda
Walas Mateo, Federico	Universidad Nacional Arturo Jauretche
Caracciolo, Néstor	Universidad de Buenos Aires
Cariello, Jorgelina Lucía	UTN Facultad Regional La Plata
Castañes Cecilia	UTN Facultad Regional Chubut
Castillo Silvana	Universidad Nacional de Salta
Cruz, Eugenio Ruben	Universidad Nacional de Misiones
Dipietro Angel Rodolfo	UTN Facultad Regional Avellaneda
Gallegos María Laura	UTN Facultad Regional San Nicolás
Herrera, Elisabeth Ruth	Universidad Nacional de la Matanza
Jaureguiberry Mario	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Kolodziej Sebastian Federico	Universidad Nacional de Misiones
Laguto Sebastián	UTN Facultad Regional La Plata
Mario Mantulak	Universidad Nacional de Misiones
Puente Jeremich Maria De Los Ángeles	Universidad Nacional de Misiones
Rodríguez Rosa Ana	Universidad Nacional de San Juan
Senn, Jorge	Universidad Nacional de Misiones
Serra Mariana	UTN Facultad Regional Chubut
Cinalli Marcelo Fernando	UTN Facultad Regional San Nicolás
Dos Reis María Rosa	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Fornari Javier Fernando	UTN Facultad Regional Rafaela
Guillen Guillermo David	UTN Facultad Regional San Rafael
Posluszny Lucio Hector	Universidad Nacional de Misiones
Rezzonico Ricardo	UTN Facultad Regional Córdoba
Viel Jorge Eduardo	Universidad Nacional de la Rioja
Yasinski Sonia Ester	Universidad Nacional de Misiones
Baron Ivan	UTN Facultad Regional San Rafael
Esteban Alejandra María	Universidad Nacional de Mar del Plata
Gonzalez Montero, Juan	Universidad Nacional de la Pampa
Michalus, Juan Carlos	Universidad Nacional de Misiones
Nicolao Garcia, José Ignacio	Universidad Nacional de Mar del Plata
Rohvein Claudia	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Salazar Fernando	Pontificia Universidad Javeriana
Santelices, Iván	Universidad del Bio-Bio
Toncovich, Adrián Andrés	Universidad Nacional del Sur
Urrutia Silvia Beatriz	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Zárate Claudia Noemí	Universidad Nacional de Mar del Plata
Bruno, Carolina	UTN Facultad Regional San Nicolás
Daniel Martínez Llana	UTN Facultad Regional Santa Cruz
Franco J. Chiodi	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Labanca, María	UTN Facultad Regional San Rafael
Pendón Manuela Pendón	Universidad Nacional de la Plata
Serra, Diego Gastón	Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Blanc Rafael Lujan	UTN Facultad Regional Concep. del Uruguay
Corvalan, Soraya Ivonne	UTN Facultad Regional Chubut
Marcos, Carlos Eduardo	UTN Facultad Regional Trenque Lauquen
Morceta, Oscar Antonio	Universidad Nacional de Mar del Plata
Rissetto Miguel Angel	UTN Facultad Regional Avellaneda
Rossetti, Germán Horacio	Universidad Nacional del Litoral
Aroca Bavich, Alejandro	UTN Facultad Regional Santa Cruz
Artigas, María Vella	Universidad Nacional de Mar del Plata
Artola, Eugenia C.	Universidad de Mendoza
Bohn Diana Helga	UTN Facultad Regional Chubut
Caligaris, Marta Graciela	UTN Facultad Regional San Nicolás
Carrizo Blanca Rosa	UTN Facultad Regional Córdoba
Crespi Mario Gabriel	Universidad Nacional de la Plata
D'Onofrio María Victoria	Universidad Nacional de Mar del Plata
Erck Isolda Mercedes	Universidad Nacional de Misiones
Esteves Ivanissevich María José	UTN Facultad Regional Chubut
Ferreira Diego Martín	UTN Facultad Regional San Francisco
Fracaro, Anahí Catalina	Universidad de Mendoza
Gomez Daniela Nora	Universidad Nacional de Rosario
González, Gustavo Jaime	UTN Facultad Regional Córdoba
Mansilla Graciela Analia	UTN Facultad Regional San Nicolás
María Florencia Jauré	Universidad Nacional de General Sarmiento
Montesano, Juan	Universidad Católica Argentina
Noelia Vanesa Morrongiello	Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Onaine, Adolfo Eduardo	Universidad Nacional de Mar del Plata
Rodríguez Roberto Raúl	Universidad del Salvador
Roseti, Laura Patricia	Universidad Nacional de Tres de Febrero
Soto, Marcela	Universidad de Buenos Aires
Zanfrillo, Alicia Inés	Universidad Nacional de Mar del Plata

El XIº COINI 2018 FI UM tiene el agrado de contar con el Auspicio de las siguientes Instituciones:



Secretaría de Políticas Universitarias



Memorias del XI Congreso Argentino de Ingeniería Industrial -COINI 2018-UM /  
compilado por Leon Horowicz ; Miguel Ángel Risetto ; Jorge Eduardo Abet ... [et al.]. -  
1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2019.

Libro digital, PDF

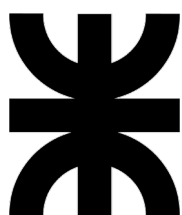
Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-05-7

1. Ingeniería Industrial. 2. Educación. 3. Argentina. I. Abet, Jorge Eduardo, comp.

II. Título.

CDD 338.007

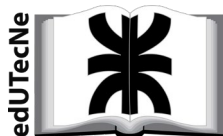


**Universidad Tecnológica Nacional**

**Rector:** Ing. Hector Eduardo **Aiassa**

**Vicerrector:** Ing. Haroldo **Avetta**

**Secretaria Académica:** Ing. Liliana Raquel **Cuenca Pletsch**



**edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional**

**Coordinador General a cargo:** Fernando H. **Cejas**

**Área Publicaciones:** Carlos **Busqued**

**Director Colección Energías Renovables, Uso Racional de Energía,**

**Ambiente:** Dr. Jaime **Moragues.**

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

[edutecne@utn.edu.ar](mailto:edutecne@utn.edu.ar)

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

© **edUTecNe, 2019**

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)

Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-4998-05-7



Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

<b>GESTIÓN DE CALIDAD, HIGIENE Y SEGURIDAD, RSE</b>		
Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en la Ciudad de Buenos Aires	Herrero, Lucas Damian	<b>14</b>
Estructura de Soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes	Leal, Naudy	<b>23</b>
Gestión del agua en la industria: Puntos críticos, eficiencia y economía circular	López Sardi Estela Mónica	<b>32</b>
Normativa para evaluar la toxicidad de los gases emanados por pisos sintéticos en situación de fuego	López Sardi Estela Mónica	<b>41</b>
Potencial de la energía solar fotovoltaica en la provincia de La Rioja	Nicolas Ariel Gustavo	<b>50</b>
Energía eólica de baja potencia: Fabricantes de aerogeneradores, el caso argentino y la experiencia internacional	Jorge Camblong	<b>61</b>
Gestión de la calidad en una Empresa Social	Cavallin Antonella	<b>68</b>
Valorización de residuos de vidrio en Tierra del Fuego.	Cánepa Luis Homero	<b>80</b>
Análisis del proceso de desinfectación de bienes patrimoniales en la facultad de ingeniería de mar del plata, mediante la aplicación de metodologías participativas	Mortara, Verónica A.	<b>89</b>
Desarrollo y Proyección del Parque Industrial de Pilar: hacia la necesidad de una organización de redes eco-industriales.	Chinni, Guillermo	<b>100</b>
Aplicación de la ley n°27424/17 balance energético y conveniencia de uso de instalaciones de energía renovable través de paneles solares en el campus de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora	Trucco, Guido Alejandro	<b>107</b>
Pertinencia de la metodología cualitativa en los estudios de gestión de la calidad	Meretta Javier	<b>117</b>
Las industrias de la Provincia de Salta y su impacto sobre la población y el recurso hídrico	Mainardi Remis, Juan Martín	<b>126</b>
Concepto de Economía Circular en las carreras de Ingeniería. Análisis de caso: industria del maní.	Quaranta Nancy	<b>137</b>
Proyecto de normativa técnica: "Reglamento de inspección sobre Calderas y Recipientes a Presión"	Maurin, José Humberto	<b>144</b>
Ingeniería Aplicada con Proyección Social: "Filtro Casero" contra el Arsénico para el Monte Santiagueño	Santa Cruz, Hernan	<b>157</b>
Análisis de procesos industriales utilizando metodología de mapeo de procesos de cadenas de valor versus simulación discreta	Caminos Antonio Andres	<b>169</b>
Evaluación técnica del emplazamiento de una planta de biodiesel a partir de Avus en la ciudad de Salta	Castillo Silvana	<b>179</b>



<b>GESTIÓN DE LAS ORGANIZACIONES</b>		
Lineamientos para la Planificación Energética: Estructura sistémica para el Ahorro y Eficiencia	Viel, Jorge Eduardo	188
Estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes	Leal Naudy	199
Madurez del sistema de gestión en una Pyme argentina	Rohvein Claudia	208
Innovación, competitividad y desarrollo sostenible	Rezzonico, Ricardo Carlos	217
Análisis del número de agrupamientos en función del tamaño del sistema en la MRP.	Tobares Tania Daiana	230
Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia	Noya Graciela	237
Análisis de la cultura organizacional e identificación de la necesidad de cambio cultural en empresas argentinas mediante el Modelo OCAI	Mohamad, Jorge Alejandro	248
La generación Z y su desempeño laboral	Brottier Lucia	261
Exploración de la Inserción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Desarrollo Industrial de La Matanza	Alicia Mon	269
Gestión de TI/SI en Pymes: Servicios en la nube	Carrizo Blanca Rosa	281
Una aproximación a la metodología CIM (Manufactura Integrada por Computadora) y la necesidad de la articulación entre tecnología y cambio cultural de la organización en pymes Argentinas	Federico Walas Mateo	290
Estudio de la red de valor en industrias madereras, caracterización de los dos primeros eslabones: Producción Forestal e Industrialización	Bangert, Vanesa Julieta	295

<b>GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA</b>		
TQM para empresas del sector energético en Industrial 4.0	Palma Ricardo Raúl	305
Estudio de movilidad de los actores de la UNLZ	Pennella, Carla Natalia	315
Redes Neuronales como una herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial	Rotondo, Martina Belén	327
Análisis de parques industriales de la provincia Entre Ríos	Blanc Rafael Lujan	339
Desarrollo de un modelo de simulación y configuración de un sistema kanban para una línea de producción de componentes utilizados en la fabricación de equipamiento agrícola	Toncovich, Adrián Andrés	350
Análisis de suelos rurales aplicando lógica difusa	Esp. Lic. Matassa Marcelo Daniel	363
Uso de la técnica IDEF-SIM en el modelado conceptual de la simulación de una línea productiva en una empresa de envases flexibles.	Acosta Esteban Fernando	374

<b>GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA</b>		
Comparación de los métodos multicriterio ahp y ahp difuso en la evaluación de desempeño de proveedores	Tabone, Luciana B.	386
Diseño del muelle de cargas para un almacén de productos congelados.	Nicolao García, José Ignacio	396
Modelo de logística inversa para la recolección de bidones de agroquímicos mediante Simulación de Eventos Discretos	Marquina Fernando Francisco	408
Análisis de programas de paletizado y desarrollo de un código para la toma de decisiones de unidades de carga en "R"	No, Irma Noemí	419
Selección de la mezcla de producción en una empresa de ensamblaje de muebles de oficina considerando discrecionalidad sobre los recursos excedentes	Berardi, María Betina	430
Propuesta de Layout y Planificación de una empresa comercial mayorista	Morbidelli, Ariel Antonio	438
Análisis de la interacción de factores tangibles e intangibles en el funcionamiento de las Cadenas de Suministro de Pequeñas y Medianas Empresas del Noroeste Argentino	Castillo, Silvana	451

<b>GESTIÓN ECONÓMICA</b>		
Metodología para la recolección de información primaria para determinar la estructura de financiamiento de pymes del sector industrial y la tasa de rendimiento representativa.	Mag. Cdra. Romina E. Couselo	462
Desarrollo exportador del sector pyme del partido de La Matanza	Serra Diego	474
Proyectos de inversión bajo el enfoque de procesos	Andía Valencia Walter	486
Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente	Specchia Nelson	493

<b>INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PRODUCTOS</b>		
Un caso de emprendedorismo e innovación: motores híbridos Mendoza	Jorge Giunta Alsina	499
Uso de árboles de decisión como herramienta para generar un modelo preventivo de seguridad vial urbana en la ciudad de Trenque Lauquen, Pcia. Buenos Aires.	Marcos, Carlos Eduardo	510
Estudio de la Gestión del Desarrollo de Productos en industrias productoras de bienes intermedios y finales	Arcusin, Leticia	522
Diseño de un sistema de prevención de choques frontales para automóviles "sach"	Rissetto Miguel Ángel	532
Estudio de la resistencia a la tracción en alambros de aluminio mediante el diseño de experimentos de taguchi	Hernandez, Alicia Beatriz	543
Edificios Industriales y Aislamiento Sísmico	Guisasola, Adriana	549
Gestión en origen de los residuos sólidos urbanos, una alternativa al modelo de incineración de la Ciudad de Buenos Aires.	Rissetto Miguel Ángel	556

<b>EDUCACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>		
Radio Escuela Por Internet (REPI)	Favier, Jorge Luis	568
El pensamiento estadístico: la importancia de su desarrollo en alumnos de Ingeniería Industrial	Carnevali, Graciela Haydée	578
Experiencias áulicas basadas en didácticas tradicionales y activas, y su evaluación	Casco, Eva	585
La evaluación continua durante la formación del Ingeniero Industrial	Ambrosini, Marcela	595
Prácticas sociales para la formación de ingenieros industriales de triple impacto	Cattaneo, Luciano	603
Productos vectoriales: Interpretación geométrica con GeoGebra	Alurralde, Florencia María	613
DE LAS AULAS A LA PROFESIÓN. Situación en la Provincia de Buenos Aires	Crespi Mario Gabriel	621
Competencias Evolutivas de Nivel Superior	Morrongiello Noelia Vanesa	624
El rol del CONFEDI en la formación basada en competencias en las carreras de Ingeniería	Santille, Luciana Soledad	637
Haciendo foco en la conceptualización de las competencias: análisis del impacto para las carreras de Ingeniería "XI Congreso Argentino de Ingeniería Industrial"	Artigas, Maria Velia Soledad	646
La actividad de Extensión como formadora de profesionales con compromiso Social	Bueno Moisés Evaristo	655
Experiencia de evaluación de la comunicación escrita en estudiantes del último año de Ingeniería Industrial	D'Onofrio, María Victoria	661
¿Se aprende con gamificación? Una propuesta de evaluación en el marco de juegos serios	Cerrano, Marta Liliana	667
Enseñanza de costos de calidad combinando TIC y gamificación	Valentini José	674
Estímulo a la creatividad, la innovación y el emprendedorismo en ingeniería industrial	Juarez Marcelo Adrián	686
Fortalecimiento de competencias de innovación en la carrera de Ingeniería Industrial de UNGS	Benegas, Miguel	697
Programa Despertando Vocaciones para Tecnologías: una experiencia de integración de enseñanza, investigación, extensión y gestión para carreras tecnológicas	Vanderlei De Oliveira, Gabriel	705

<b>EMPRENDEDORISMO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>		
Experiencia de formación de emprendedores en el ámbito educativo universitario de la UTN Facultad Regional San Rafael	Quiles Angel Ismaél	713
Participación del Observatorio Tecnológico OTEC en la formulación de proyectos PICT Start Up de la UNMDP	Morcela, Oscar Antonio	717
Consultorio Pyme Corrientes	Vecchi, Carlos Adrián	728
Diagnóstico Automático de Diente Quebrado en Engranajes Basado en la Corriente del Motor de Inducción y Entropía Wavelet	Alexander Patrick Chaves De Sena	736

# **Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires**

Mg. Ing. Lucas Damián Herrero 28.911.509 - Ing. Matias Riveyro 31.171.697  
Srta Cappuccio, Natalia Guadalupe 35.092.401

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Haedo, Buenos Aires, Argentina*  
Autor principal: herrerolucas@hotmail.com

## **RESUMEN**

Es más que sabida la necesidad de poner un límite al impacto ambiental que generan las distintas actividades humanas, las relacionadas al transporte no son una excepción. Por lo tanto es conveniente generar una metodología de evaluación de impacto, para así actuar para reducir sus efectos mediante la aplicación de las políticas ambientales apropiadas y verificar el verdadero impacto de las mismas, analizando su resultado bajo las mismas metodologías. En este trabajo nos centraremos en el análisis de la calidad de aire y sus relaciones causa-efecto con distintos factores.

Si bien son numerosos los factores que contribuyen a la contaminación del aire, la idea es analizar los principales factores de contaminación, cuantificando las relaciones causa-efecto, y cruzando con recursos y necesidades, para, que luego de este análisis, plantear diferentes alternativas de acciones destinadas a minimizar los efectos contaminantes, que actúan empobreciendo la calidad del aire. Esto surge un poco a manera de generar acciones con estrategias que minimicen el fracaso de las mismas. Por ejemplo, si una de esas estrategias es promover la modernización del parque automotor del servicio público de pasajeros y no se tienen los recursos para solventar a las empresas a ese cambio, la iniciativa será un fracaso y todo el programa se vería golpeado por el mismo.

Hoy día existe información sobre las mediciones en los niveles de contaminación del aire existente en Ciudad de Buenos Aires, que mide los valores de contaminación comparándolos con aceptables mundialmente, la metodología apunta a sistematizar el cálculo de los costos requeridos para lograr tales niveles, en caso de no alcanzarlo, y calcular la desviación en distintos escenarios, realizando una estimación de las ganancias de descontaminar. Se compararán los beneficios sobre la salud de las acciones o estrategias destinadas a mejorar la calidad del aire a partir las soluciones a analizar bajo esta metodología.

**Palabras claves:** metodología; medio ambiente, impacto, transporte, Ciudad de Buenos Aires.



## **ABSTRACT**

It is more than known the need to put a limit to the environmental impact generated by different human activities, the transport are not an exception. Therefore, it is convenient to generate an impact evaluation methodology, in order to act to reduce its effects by applying the appropriate environmental policies and verify the true impact of the same, analyzing their results under the same methodologies. In this paper we will focus on the analysis of air quality and its cause-effect relationships with different factors.

Although there are numerous factors that contribute to air pollution, the idea is to analyze the main pollution factors, quantifying the cause-effect relationships, and crossing with resources and needs, so that after this analysis, to propose different alternatives of actions aimed at minimizing the polluting effects that act impoverishing air quality. This arises a bit in order to generate actions with strategies that minimize the failure of them. For example, if one of these strategies is to promote the modernization of the public passenger service fleet and do not have the resources to pay for the change, the initiative will be a failure and the whole program would be hit by the same.

Today there is information on the measurements in the levels of air pollution in the City of Buenos Aires, which measures the values of pollution comparing them with acceptable worldwide, the methodology aims to systematize the calculation of the costs required to achieve such levels, in case of not reaching it, and calculate the deviation in different scenarios, making an estimate of the decontamination gains. The health benefits of the actions or strategies aimed at improving air quality will be compared with the solutions to be analyzed under this methodology.

Keywords: methodology; environment, impact, transportation, City of Buenos Aires.

## 1. INTRODUCCIÓN

Establezcamos el concepto de contaminación. Se trata de la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos tóxicos que afectan tanto la salud humana y su calidad de vida como el funcionamiento natural de los ecosistemas.

Si bien a partir del 2016 se empezó a trabajar en un nuevo Código Urbanístico porteño, hay que pensar que hay un tema que en la Ciudad de Buenos Aires no podemos pasar por alto.

La contaminación del aire causa en nuestro país casi 15.000 muertes cada año. La mayor parte de las muertes se debe a cardiopatías isquémicas, es decir, a la interrupción de la circulación de las arterias que nutren de sangre al corazón y que puede conducir al infarto.

Los datos son de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en su página interactiva "Breathlife" permite medir on-line el nivel del particulado dañino en 3.000 ciudades del mundo, entre éstas, Buenos Aires, arrojando un dato preocupante "14,763 Annual Deaths from air pollution". La Capital Federal de la Argentina muchas veces arroja niveles por encima de un 40% de aire respirable considerado seguro por la OMS.

La contaminación ambiental abarca un amplio espectro, que involucra al aire (ya sea con productos y/o sonora), al agua y al suelo. Las fuentes principales de donde provienen los agentes contaminantes antropogénicos son las fuentes móviles y las fijas. Las primeras la conforman los vehículos de motor que funcionan con distintos tipos de combustibles derivados del petróleo y las segundas son las industrias, con sus diferentes producciones, incluyendo las plantas productoras de energía.

En cuanto a la contaminación del aire o atmosférica, que es el caso a estudiar, nos basaremos en la quema de combustibles fósiles por el parque automotor de la Ciudad de Buenos Aires.

Es tan importante el tema de la conservación ambiental que desde hace más de 30 años la preocupación ya ha tomado connotaciones mundiales. En estos últimos tiempos se está convirtiendo en uno de los objetivos fundamentales de la humanidad. La prueba está en los foros mundiales que se realizaron en Río de Janeiro en 1992, en Tokio en 1997 y en Porto Alegre en 2003. Los casos de China y Mexico DF fueron casos de estudio en estos foros.

La Ciudad de México es considerada una de las ciudades más contaminadas del planeta. La contaminación es un gran problema que aumenta día a día y que afecta a sus habitantes y al medio ambiente. Comenzó aproximadamente en los años setenta y ochenta y continuó aumentando progresivamente hasta la actualidad. Hasta ahora no ha habido ninguna solución que acabe con el problema.

Los vehículos son una de las fuentes más importantes de contaminantes del aire en la Ciudad de México por eso la Secretaría del Medio Ambiente cuenta con dos programas para asegurar que los vehículos que circulan en la Ciudad de México tiendan a una menor emisión posible de contaminantes. Estos programas son "verificación vehicular" y "el hoy no circula".



Figura 1: Smog en el fondo de la ciudad de México.

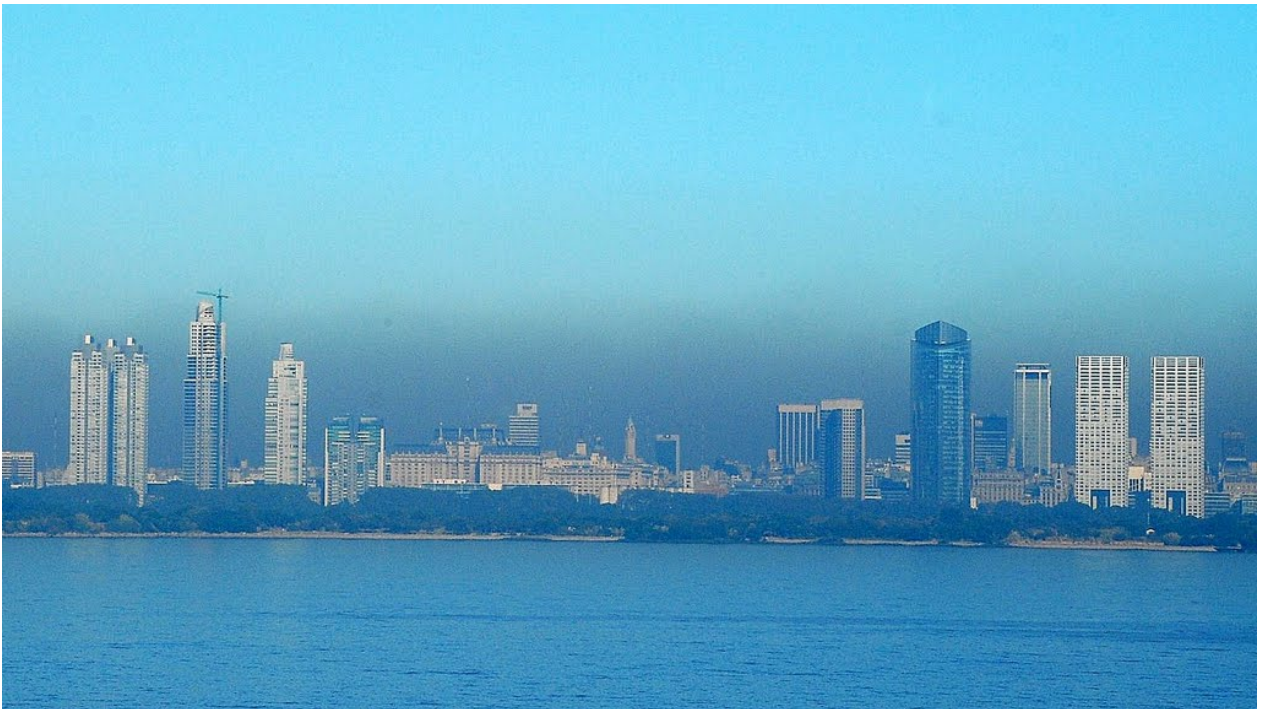


Figura 2: Smog en el fondo de la ciudad de Buenos Aires

La falta de políticas de prevención y control ambiental se refleja en la ciudad de Buenos Aires, que se ubica entre las ciudades que registran una contaminación que puede ser perjudicial para la salud.

El nivel de las partículas contaminantes PM 2,5, conocidas como finas porque son las más pequeñas y por ende más nocivas, ya que pueden penetrar directamente en los pulmones. Las

altas concentraciones de estas partículas finas se asocian con un gran número de muertes causadas por infartos y ataques cerebrales.

El aire porteño excede el nivel que la OMS considera "razonable": lo aceptable para el organismo es que haya una media anual de hasta 10 microgramos por metro cúbico, pero en la ciudad Buenos Aires está en 16.

CABA tiene una menor cantidad de partículas contaminantes que Quito, Asunción, San Pablo, Caracas, México DF, La Paz, Santiago de Chile; Bogotá y Río de Janeiro, aunque mayor cantidad que Guadalajara y San José de Costa Rica, si se toman algunas de las grandes ciudades de la región.

"Muchos centros urbanos están actualmente tan envueltos en aire sucio que la silueta de sus edificios es invisible", lamentó Flavia Bustreo, directora general adjunta de la OMS, quien destacó el peligro de este aire para la salud.

A través de un comunicado se señaló que "la contaminación del aire está empeorando". Y la directora de Salud Pública en la OMS, María Neira, sentenció."La situación es dramática".

Lo que nos lleva a pensar ¿Cómo es la exigencia de normativa en Argentina en relación con los demás países?

Teóricamente, en una combustión perfecta, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire y el resultado es la producción de calor, luz, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). Pero las impurezas del combustible agregado a una imperfecta relación de la mezcla del aire y el combustible y/o con temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, causan la formación de agentes contaminantes del aire tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), material particulado en suspensión (MPS), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros tales como los aromáticos (benceno, tolueno y xileno) de los cuales aún no se tienen medidas de las emisiones y son contaminantes peligrosos para la salud.

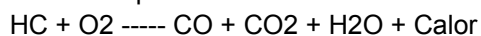
La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diésel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO<sub>x</sub> SO<sub>2</sub> CO pm CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O e hidrocarburos. Si se quemara todo el combustible y este no tuviera impurezas, las únicas emisiones serían anhídrido carbónico, no tóxico, oxígeno y agua.

La relación teórica aire gasolina que la quemaría toda es 14,7:1 y esa es la relación que usa un convertidor catalítico de gasolina porque el diésel siempre tiene aire en exceso por eso no reduce los NO<sub>x</sub>.

Combustión completa:



Combustión incompleta:



Por otro lado también contribuye a la contaminación del suelo, debido al particulado encontrado, las llantas en los pavimentos.

Existen estadísticas de distintas partes del mundo que señalan los porcentajes de contaminación donde se pone de manifiesto cuál es la participación de las distintas actividades humanas en las emisiones al aire de productos tóxicos. En general en las ciudades, el principal responsable de la pérdida de calidad del aire lo constituyen las fuentes móviles, con una cifra que oscila entre el 75% y 80% del total de la contaminación. Conviene destacar que estas fuentes móviles contribuyen con más del 70% del monóxido de carbono (CO), con más del 50% de los hidrocarburos (HC) y con alrededor del 45% de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) del total que emite al aire cada una de las fuentes contaminantes.

## **2. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE**

+A través de la inhalación de los dos tipos de partículas, gruesas (PM<sub>10</sub>) y finas (PM<sub>2.5</sub>) se acumulan en el sistema respiratorio y produce efectos nocivos sobre la salud. La exposición a las partículas gruesas provoca un agravamiento de las vías respiratorias especialmente a los que



tienen asma. Las partículas finas también están asociadas a este tipo de problemas. Se traduce en incrementos en las admisiones hospitalarias y en las visitas de emergencia a los consultorios, en enfermedades de corazón y de pulmón, malestares crecientes en los síntomas respiratorios, deterioro y cambios en la función pulmonar que pueden provocar la aparición de muerte prematura. Los grupos de personas con mayor riesgo de padecer tales efectos son los ancianos, los niños y aquellos individuos con problemas cardiopulmonares tales como el asma.

La mayoría de los efectos nocivos provocados en la salud surgen de las partículas finas y ultrafinas (PM2.5 y PM1) que provienen de fuentes primarias y procesos secundarios por suma e interacción con otros gases contaminantes como se dijo más arriba. Estas partículas finas permanecen por mucho tiempo flotando en el aire y al aspirarse, endurecen las celias (velocidad que sirve de filtro en las vías respiratorias) por lo que pasan directamente, intensificando el daño.

El monóxido de carbono es inodoro e incoloro y en altas concentraciones es un gas venenoso. Se origina cuando el carbón que está en el combustible, no se quema completamente. Es un componente de los escapes de los vehículos motorizados. Contribuye con alrededor del sesenta por ciento de todas las emisiones de CO. Las mayores concentraciones de este gas se producen en áreas de fuerte congestión de tránsito, especialmente en las ciudades con un porcentaje más alto aún. Los problemas se agudizan cuando se forman los picos de concentración. Estos ocurren típicamente en los meses fríos del año porque las emisiones de los vehículos son mayores y en los momentos en que se generan las condiciones de inversión, donde el aire contaminado es atrapado cerca de la superficie del suelo, debajo de una capa de aire caliente. Este fenómeno es más frecuente que se produzca en la noche.

El monóxido de carbono entra en la corriente sanguínea a través de los pulmones y reduce el oxígeno liberado por los órganos y tejidos del cuerpo. Tiene una alta capacidad de reacción con la hemoglobina, y afecta el transporte de oxígeno al corazón, músculos y cerebro. Con bajos niveles de concentración, quienes están susceptibles de sufrir afecciones son las personas que sufren de enfermedades coronarias. En altas concentraciones y con altos niveles de exposición el CO afecta también la salud de gente sana. Además, genera mayores admisiones hospitalarias, efectos negativos en la conducta, en el desarrollo mental y en las circunstancias perinatales. También produce otros efectos nocivos cardiovasculares.

### 3. METODOLOGIA

La metodología debe estructurarse con base a la caracterización y evaluación del sistema automotor de Ciudad de Buenos Aires, debe partir un poco de la tomar en cuenta la ausencia de una estrategia de ordenamiento logístico. De esta manera, la metodología que se desarrolla responde a la necesidad de proponerle a la ciudad un modelo de ordenamiento logístico de carácter indicativo. Si bien la metodología puede empezar a estructurarse con la caracterización y evaluación del sistema logístico de la ciudad la realizaremos sin tomar en cuenta esta premisa, y solo como una mera metodología de estudio de impacto.

Lo primero que tomaremos en cuenta es lo referente a la LEY N° 1356/04 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, sobre "Calidad Atmosférica", tomando el Artículo 34 *"La Autoridad de Aplicación debe implementar un programa de monitoreo permanente, continuo y sistemático de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, que permitan conocer la variación de la concentración o nivel en el tiempo para las zonas que se determinen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los datos provenientes del mismo deben publicarse en forma trimestral como máximo, en el Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la página de Internet del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El programa de monitoreo permanente de contaminantes debe incluir criterios sobre la calidad de los datos, métodos de referencia validados internacionalmente para muestreo y análisis de contaminante"*

Esto claramente pone hacedor de los programas de monitoreo al estado, por lo cual podríamos decir que no tienen sentido lo que pongamos ya que es de responsabilidad pública, pero no es esta la idea de esta metodología. La idea es el poner en conocimiento las distintas metodologías, y comparar con las utilizadas actualmente, para validarlas, o poder presentar los organismos competentes.

Si queremos partir de una metodología valedera, partiremos de los 4 puntos de medición de calidad de aire que existen hoy día (La Boca, Centenario, Recoleta, Palermo) que mide:

- CO (Monóxido de Carbono en PPM - partes por millón, promedio de las 8 horas anteriores)
- NO<sub>2</sub> Dióxido de Nitrógeno (en PPB - part per billion - miles de millones) - Promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- PM<sub>10</sub> Material Particulado respirable menor a 10 micrones (en µg/m<sup>3</sup> – microgramo por metro cúbico) - Promedio móvil 24 horas - promedio 24 horas anteriores

Se deberá también analizar cuáles son los periodos de tiempo, y bajo qué condiciones climáticas, se realiza la mayor concentración de material nocivo.

Los pasos propios de la metodología de estudio que se propone será:

- **Selección de la zona de estudio:** Para la selección de la zona de estudio se realizará un análisis sobre las rutas y en basándonos en la época del año y condiciones climáticas, se analizará el nivel de contaminación atmosférica que en él se produce debido al tráfico vehicular.

Alto a tener en cuenta es la Estabilidad atmosférica. Para la evaluación de las condiciones de estabilidad en la zona de estudio se utilizarán los datos meteorológicos. Estos datos se procesarán para obtener la distribución conjunta de velocidad y dirección del viento por estabildades, utilizando la variabilidad en la dirección del viento ( $\sigma_q$ ).

- **Selección de los puntos de medición para las variables ambientales:** Luego de seleccionar la zona de estudio, se seleccionarán los posibles puntos de medición para las variables ambientales más significativas (monóxido de carbono; y partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Se analizarán estos factores por ser los más nocivos.
- **Estimación de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base mediciones históricas, y al modelo que se adapte, se realizará una estimación teórica de contaminantes.
- **Estimación de la calidad del aire en la zona de estudio:** Tomando en cuenta el punto anterior, las condiciones climáticas y épocas del año.
- **Medición de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base a estas estimaciones, se determinarán los periodos de criticidad para hacer las mediciones.
- **Concentración de contaminantes en la zona de estudio:** Utilizando los protocolos y normativas de la zona a analizar. En nuestro caso CABA. Pudiendo utilizar como referencia el Estudio de Partículas Suspendidas en ambiente de trabajo según Art 61, Anexo III, Dec 351 y Anexo IV, Resolución 295/03, y/o lo referido a las leyes N° 123/98 y N° 1356/04 de Ciudad de Buenos Aires.
- **Modelación de la calidad del aire en la zona de estudio:** se podrá implementar del software Breeze de modelación de la calidad de aire para material particulado. Y modelación de la calidad del aire con el modelo de dispersión CALPUFF ó AERMOD.

### 3.1. Costos Medioambientales

También se tendrá que establecer un procedimiento que permita la gestión de los costos medioambientales que satisfaga las necesidades de la investigación, fundamentalmente en el proceso de toma de decisiones las futuras mejoras a proponer.

- Valorar el estado de la ciencia sobre la contabilidad de gestión medioambiental y la necesidad de su aplicación.

- Definir elementos, requisitos y procedimientos para el diseño y validación del procedimiento para la gestión de los costos medioambientales.
- Validar el procedimiento diseñado en base a los modelos de estimación y medición.

#### **4. CONCLUSIONES**

La Ciudad de Buenos Aires requiere de una metodología para estudio de impacto ambiental en el plan integral de transporte, que contemple todos los aspectos de la vida de la población con sus necesidades de movilidad y accesibilidad para desarrollar eficientemente sus actividades (socio-cultural, económico, educacional, recreativo, de salud, etc.) en un ambiente descontaminado. Es decir, el sistema debe estar al servicio de la población, sin externalidades que la afecten negativamente.

Es deber de nosotros, los profesionales de la ingeniería, estudiar y proponer alternativas de mejoras a los organismos responsables, no por un simple deber laboral, sino por un deber cívico y de honor, que debemos poner nuestro conocimiento para mejorar la calidad de vida de los demás.

## REFERENCIAS:

Conesa Fernández, Vicente. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Mundi Prensa, Madrid.

Corea y Asociados, S.A. (2008) Manual para la elaboración Términos de Referencia de Estudios Ambientales. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), División General de Planificación.

Decreto Ejecutivo 76-2006. (2006) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. República de Nicaragua.

Espinoza, Guillermo. (2005) Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo, BID Centro de Estudios para el Desarrollo, CED Santiago Chile.

Hunt, David. (1996). Sistemas de Gestión Medioambiental. Editorial McGraw Hill.

Rafael Cal y Mayor (2008) Ingeniería de Tránsito "Fundamentos y Aplicaciones". James Cárdenas G. Alfaomega, 8va. Edición.

Cádiz Deleito, J.C. (1994): "El transporte y la contaminación. Posibles estrategias y soluciones", Ciudad y Territorio, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

Azqueta Oyarzun, Diego (1994) "Valoración económica de la calidad ambiental", McGraw-Hill, Madrid.

Bullaude, Andrés (2001), "Información general. Contaminación del aire." (Dirección de Saneamiento y Control Ambiental, Gobierno de Mendoza)

Chaparro, Juan (2000) "Planeación estratégica en ciudades: un modelo emergente para el Estado de México. Toluca, México" Instituto de Administración Pública del Estado de México.

Güell Juan Manuel (2006) "Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos" Barcelona, Reverté.

OECD - Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages. Summary of the OECD report, delivering the goods-21st century challenges to urban goods transport, Logistics System For Sustainable Cities, Madeira, Elsevier

BESTUFS (2007). Guía de buenas prácticas sobre el transporte urbano de mercancía.

UK Round Table on Sustainable Development. Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, London, UK, Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, 2007.

# **Estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes**

Leal Naudy \*; Amesty Roque <sup>(1)</sup>

*Facultad de Ingeniería y Tecnología, Universidad San Sebastián  
Dirección postal 8320000, [naudy.leal@uss.cl](mailto:naudy.leal@uss.cl)*

*(1) Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia  
Dirección postal, 4001ramesty@fing.luz.edu.ve*

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como propósito realizar una revisión del estado del arte en materia de cultura de seguridad haciendo énfasis en aquellas investigaciones que abordan aspectos tales como definición de cultura de seguridad, dimensiones y modelos de cultura de seguridad, con la intención de poder formular indicadores que admitan la medición de la cultura de seguridad como variable. No existe un único concepto de cultura de seguridad, sin embargo, esta puede ser entendida como los principios, valores y criterios compartidos por todos los trabajadores de una organización. Existen diferencias en cuanto a las dimensiones de la cultura de seguridad, no obstante, resulta de especial interés estudiar el compromiso de la dirección, la comunicación, las actitudes de los trabajadores y la percepción que estos tengan de los esfuerzos que llevan a cabo las empresas. Los modelos de cultura de seguridad permiten identificar los aspectos claves que deben monitorearse, los cuales varían dependiendo del autor estudiado. A partir de la revisión, se propone como dimensiones de la cultura de seguridad el componente gerencial, componente individual y componente control. Finalmente, se propone una estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad constituida por tres dimensiones, 11 subdimensiones y 30 indicadores.

Palabras clave: cultura de seguridad, modelo de cultura de seguridad.

## **ABSTRACT**

This paper purpose is to review the state of the art in the safety culture field, emphasizing those investigations that address aspects such as safety culture definition, dimensions and safety culture models, with the intention of formulating indicators that allow the safety culture measurement as a variable. There is no a single concept of safety culture, however, this can be understood as the principles, values and criteria shared by all workers in an organization. There are differences in the dimensions of the safety culture, however, it is of special interest to study the commitment of the management, communication, the attitudes of the workers and their perception of the efforts carried out by the companies. The safety culture models allow to identify the key aspects that must be monitored, which vary depending on the author studied. From the investigation, the management component, individual component and control component are proposed as dimensions of the safety culture. Finally, a support structure for the measurement of the safety culture is proposed, consisting of three dimensions, 11 subdimensions and 30 indicators.

Key words: Safety Culture, Safety Culture Model.

## 1. Introducción.

Muchos de los avances obtenidos en el área de la seguridad industrial han sido generados a partir de la ocurrencia de accidentes de gran magnitud. El término cultura de seguridad se introduce por primera vez al estudiar las causas del accidente sucedido en la central nuclear de Chernóbil y fue definida como el régimen de seguridad que debe prevalecer en una planta nuclear, la cual debe ser inculcada en las organizaciones a través de actitudes y prácticas adecuadas de gestión [1]

Existen distintos modelos que intentan explicar los elementos de inicio para la ocurrencia de accidentes; modelos secuenciales, epidemiológicos y sistémicos [2], en todos los casos, el punto iniciador corresponde a fallos en la organización y en los sistemas de gestión de seguridad de las organizaciones, aspectos contenidos en la cultura de seguridad.

La cultura de seguridad laboral contempla los valores, creencias y actitudes en torno a la seguridad y salud compartidos por los trabajadores de una organización. Lo expuesto anteriormente tiene relación directa con la ocurrencia de accidentes y el padecimiento de enfermedades de índole laboral, por lo tanto, resulta de interés estudiar los factores claves o dimensiones que componen la cultura de seguridad, con la intención de generar un modelo que oriente a las organizaciones a dirigir de forma acertada los esfuerzos de minimizar sus accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales.

El presente trabajo tuvo como propósito proponer la estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes; esto requirió la revisión del estado del arte de investigaciones relacionadas con la cultura de seguridad realizadas desde 1988 hasta 2018, siendo de especial interés aquellas que incluyeran definición de la variable objeto de estudio y modelos de cultura de seguridad propuestos.

## 2. Cultura de Seguridad.

A partir de la revisión documental se detectó que existen similitudes en el concepto de cultura de seguridad expuesto por distintos autores (tabla 1).

*Tabla 1 Concepto de Cultura de Seguridad*

<b>DEFINICIÓN DE CULTURA DE SEGURIDAD</b>
Conjunto de características y actitudes en organizaciones e individuos que establece que, como prioridad esencial, las cuestiones de seguridad de las centrales nucleares reciban la atención que merecen por su importancia [1]
Es el producto de los valores individuales y de grupo, las actitudes, las percepciones, las competencias y los patrones de comportamiento que determinan el compromiso, el estilo y el dominio de gestión de la salud y la seguridad de una organización [3]
Comprende los valores, creencias y principios en los que se basa el sistema de gestión de la seguridad, y la serie de comportamientos y prácticas que ilustran y refuerzan esos principios básicos [4]
Sistema convencional de significados a través del cual un grupo o una población determinados entienden los peligros del mundo. Una cultura de seguridad se crea y se reconstruye a medida que quienes la comparten se comportan de una forma considerada natural, obvia e incuestionable y, al hacerlo así, generan una expresión concreta del riesgo, el peligro y la seguridad [5]
La cultura de seguridad puede ser vista como un subcomponente de la cultura organizacional que alude a características individuales, de trabajo y organizacionales que afectan e influyen la salud y la seguridad [6]
La cultura de la seguridad, además, de ser en sí misma (creencias, actitudes y valores compartidos), también es algo que la organización ha desarrollado: políticas, programas, prácticas y controles diseñados para prevenir los riesgos [7]
La cultura de la seguridad de una organización es el producto de los valores, actitudes, percepciones, competencias y patrones de conducta de individuos y grupos que determinan el compromiso, así como su estilo y habilidad respecto a la salud de la organización y la gestión de la seguridad [8]

Tabla 1 Concepto de Cultura de Seguridad (Continuación)

<b>DEFINICIÓN DE CULTURA DE SEGURIDAD</b>
Conjunto de prácticas, valores y creencias que, siendo apoyadas por todos los niveles que forman la dirección, implican a todos los trabajadores en una dinámica tendente a la eliminación o reducción de los riesgos derivados del trabajo [9]
La cultura de la seguridad de una organización es un proceso evolutivo que avanza desde un estado patológico y de inseguridad hacia un estado generativo y seguro, donde las organizaciones atraviesan distintas etapas [10]
Se refiere al grado en que los individuos y los grupos asumen la responsabilidad personal en relación a la seguridad, de manera que actúen para preservar, mejorar y comunicar inquietudes en esta materia, de igual modo, se esfuercen por aprender activamente, adaptar y modificar su conducta según las lecciones aprendidas de los errores [11]
Conjunto de valores, actitudes, percepciones y patrones de conducta que comparten directivos y empleados en materia de seguridad en una organización, y que determinan el compromiso, responsabilidad y modelo de gestión de la salud y seguridad [12]

La cultura de seguridad también puede ser comprendida como un proceso (Figura 1), desde esta concepción, los insumos o entradas son procesados por la combinación de las expectativas, metas y prácticas gerenciales para transformarlos en la cultura de seguridad [13].

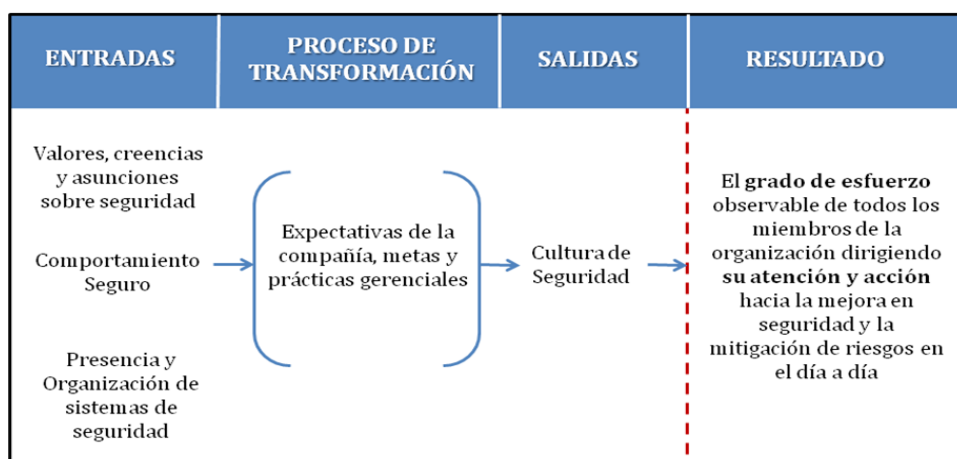


Figura 1. Cultura de Seguridad como Proceso [13]

### 3. Modelos de Cultura de Seguridad.

Tal como se mencionó al inicio, la investigación consistió en la indagación de estudios en los que se presentaran modelos de cultura de seguridad para identificar las dimensiones o factores claves de cada modelo, los resultados de la revisión se muestran en la tabla 2.

Aunque se observaron diferencias entre los elementos considerados en cada modelo, todos tienen la intención de explicar la cultura de seguridad, de manera que pueda llegarse a una comprensión de la realidad de cada organización e implementarse los planes y programas necesarios para la prevención de accidentes y enfermedades de índole ocupacional.

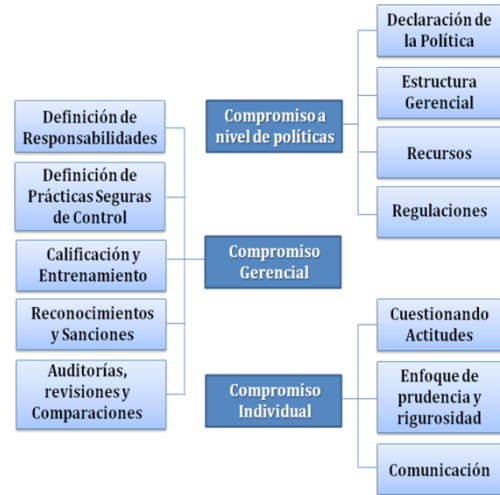
Las diferencias detectadas entre los modelos de cultura están relacionadas al hecho de que no exista un único concepto de cultura de seguridad. Para efectos de la presente investigación, después de detallar los modelos, se destaca como parte importante del modelo el individuo, el componente gerencial con énfasis en el liderazgo y el componente de control.

Tabla 2. Modelos de Cultura de Seguridad

DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
-------------	------------------------

**Grupo Asesor de Seguridad Nuclear [1]**

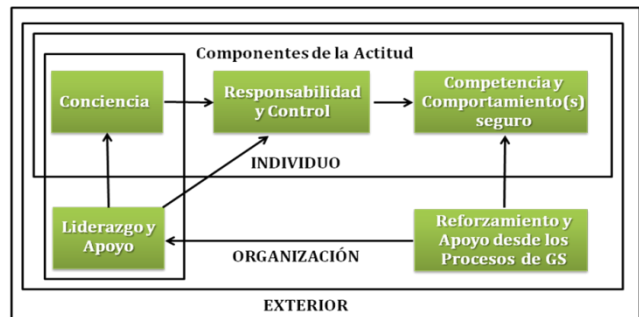
En este modelo, la cultura de seguridad se interpretarán tener dos componentes , un marco adecuado determinado por la política de organización y acción de gestión , y las actitudes del personal en todos los niveles para responder a este marco, colocando un mayor énfasis en los sistemas de gestión y estructura, lo que indica que la organización requiere de un sistema de gestión de la seguridad de auto-regulación , que fija normas de seguridad , implementa estos estándares y supervisa para asegurar su consecución. A nivel individual, el sistema de gestión debe promover la sensibilización del personal, competencia, compromiso y comunicación efectiva. Este modelo también pone énfasis en el papel del sistema de gestión en el desarrollo de una cultura de seguridad eficaz, en lugar de hacer hincapié en el papel de de individuales y las actitudes de grupos de pares.



Adaptación de Grupo Asesor de Seguridad Nuclear (1991)

**Cox y col., citado por, Wright y col. [3]**

El modelo sugiere que las variables organizativas, como la gestión y los objetivos de seguridad, influyen en el ambiente de trabajo y los procesos de grupo, como las condiciones físicas y peligros de evaluación, que a su vez influyen en los precursores individuales en el comportamiento, tales como una responsabilidad individual y se presta la actividad de seguridad. Identifican los administradores y sus acciones y el compromiso como un grupo clave para influir en las actitudes, junto con los sistemas de comunicación de seguridad estructural y los programas de participación de los empleados. No es un simple proceso unidireccional de arriba hacia abajo de la creación de una cultura de la seguridad o el clima.

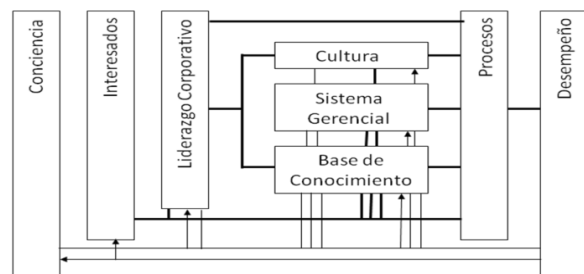


Adaptación de Cox y col., citado por, Wright y col. (1999)

**Dalling, citado por, Wright y col. [3]**

El modelo define seis componentes críticos, estos son:

- Cultura.
- Sistema de Gestión.
- Base de conocimientos.
- Liderazgo empresarial.
- Conciencia (individual y de grupo)
- linteresados.



Adaptación de Dalling, citado por, Wright y col. (1999)

**Cooper [6]**

El modelo presentado por este autor toma como elementos de estudio los aspectos situacionales, de comportamiento y psicológicos, los cuales define de la siguiente manera:

- Aspectos Situacionales: estructura de organización, políticas, procedimientos de trabajo, sistemas gerenciales.
- Comportamientos: actos seguros o actos inseguros).

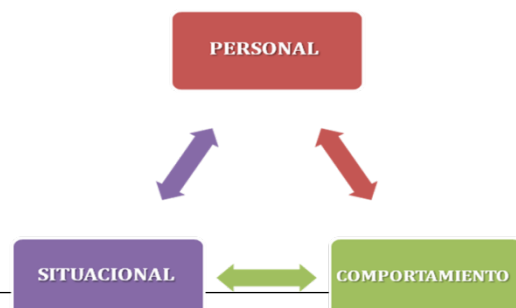




Tabla 2. Modelos de Cultura de Seguridad (Continuación)

DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel 1. Seguridad Emergente: Cumplimiento de la legislación, en este nivel los accidentes se consideran inevitables.</li> <li>Nivel 2. Gerencia: Desarrollar el compromiso de la dirección.</li> <li>Nivel 3. Involucramiento: Tomar conciencia de la importancia del personal de primera línea y el desarrollo de la responsabilidad personal.</li> <li>Nivel 4. Cooperación: Involucrar a todo el personal para desarrollar la cooperación y el compromiso con la mejora de la seguridad.</li> <li>Nivel 5. Mejora Continua: Desarrollar consistencia y combatir la complacencia.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Centro Keil [14]</b></p> <p style="text-align: center;">Adaptación del Centro Keil, citado por Fleming (2000)</p>

#### 4. Dimensiones de Cultura de Seguridad.

Un aspecto de interés de la investigación fue contrastar lo publicado en torno a las dimensiones o elementos claves para estudiar la cultura de seguridad (Tabla 3)

Tabla 3. Dimensiones de Cultura de Seguridad

DIMENSIONES DE CULTURA DE SEGURIDAD
<p>1. Compromiso, 2. Comunicación, 3. Competencia, 4. Percepción del riesgo y actitudes, 5. Expectativas compartidas sobre estándares de desempeño, 6. Mente abierta para el aprendizaje de propias experiencias, así como para notar que la percepción de quienes regulan su propia cultura pueden estar equivocados, 7. Disposición para el aprendizaje a partir de la experiencia, 8. Aplicar la comprensión de forma proactiva y 9. Factores externos. [3]</p>
<p>1. Sistemas de trabajo, procesos y prácticas de los empleados. 2. Gerencia/cultura, liderazgo y prácticas gerenciales. 3. Supervisión. 4. Formación y desarrollo. 5. Comunicación. 6. El trabajo en equipo y colaboración. 7. Participación de los trabajadores. 8. Clima laboral y moral de los empleados. 9. Conocimientos, actitudes y comportamientos. 10. Sistema de ambiente, salud y seguridad: mejora de la eficacia. [7]</p>
<p>1. Aspectos situacionales, 2. Comportamiento y 3. Aspectos Psicológicos [15]</p>
<p>1. Comunicación, 2. Actitud Organizacional, 3. Higiene Seguridad y Ambiente, 4. Comportamiento Organizacional y 5. Comportamiento De Trabajo [16]</p>
<p>1. Compromiso de la dirección y la visibilidad, 2. Comunicación, 3. Productividad versus seguridad, 4. Organización de recursos de aprendizaje, 5. Seguridad, 6. Participación, 7. Percepciones compartidas sobre la seguridad, 8. Confianza, 9. Relaciones industriales y la satisfacción laboral y 10. Capacitación [14]</p>
<p>1. Comunicaciones sobre la seguridad, 2. Perfil de seguridad dentro de la organización, 3. Acceso a la información de seguridad, 4. Participación de la Gerencia en seguridad, 5. Reconocimiento y la apertura en cuanto a cuestiones de seguridad, 6. Control de seguridad, 7. Actitudes hacia la seguridad, 8. Información de seguridad, 9. Aprender de los asuntos de seguridad, 10. Percepciones de desempeño de seguridad, 11. Inversión en seguridad y 12. Otros factores (por ejemplo, preocupación por incidentes menores).[17]</p>
<p>1. Atributos organizacionales positivos, 2. Compromiso de la dirección con la seguridad, 3. Flexibilidad estratégica, 4. Participación e involucramiento, 5. Formación, 6. Comunicación, 7. Refuerzo e incentivos, 8. Propiedad individual y 9. Percepciones individuales.[17]</p>
<p>1. Factores gerenciales y organizacionales, 2. Actividades de habilitación y 3. Factores</p>

Tabla 3. Dimensiones de Cultura de Seguridad (Continuación)

1. Clima de seguridad (actitudes de la dirección hacia la gestión, comportamiento de la dirección y participación de los trabajadores) y 2. Sistema de Gestión de Seguridad (comunicación en materia de prevención, formación sobre riesgos laborales, incentivos a los trabajadores, planificación de la emergencia, planificación preventiva y política de prevención) Modelo de Fernández Montes (2005) c.p. [18]

1. Compromiso, 2. Comunicación, 3. Participación, 4. Confianza, 5. Aprendizaje Organizacional, 6. Relaciones con los jefes, 7. Capacitación y 8. Percepción general. [19]

## 5. Estructura de Soporte para la medición de la cultura de Seguridad

Una vez realizada la revisión documental y considerando la experiencia de los investigadores, se plantearon algunas premisas bajo las cuales se sustenta el modelo de cultura de seguridad y salud en el trabajo:

- Las consideraciones de seguridad y salud en el trabajo (SST) deben estar presentes en todas las fases o etapas de la empresa.
- Para cada etapa se debe identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo de SST (figura 2)
- En virtud de dar cumplimiento a lo expuesto en la premisa anterior, se definen las dimensiones del modelo.
- Se diseñará un instrumento de medición que permita cuantificar la cultura de SST en las empresas, indistintamente de la etapa en la que se encuentre.
- Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados, se establecerá un rango de clasificación de los resultados.
- Establecer una ponderación para cada una de las dimensiones del modelo según su criticidad.

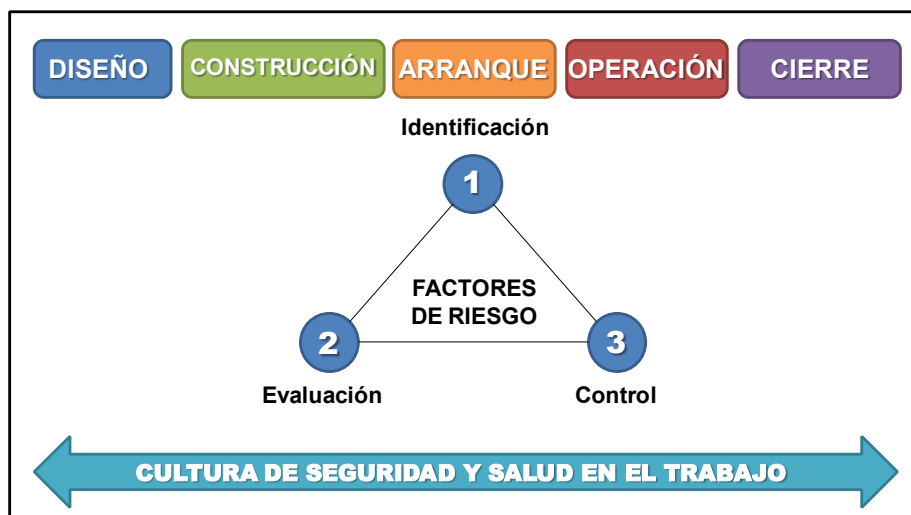


Figura 2. Cultura de Seguridad y Salud de Trabajo

Tomando como referencia la literatura consultada, se parte como estructura de soporte del modelo de cultura de seguridad para la prevención de riesgos laborales, tres dimensiones: componente gerencial, componente individual y componente control. Cada uno se fragmenta a su vez en subdimensiones y estas en indicadores que permitirán la operacionalización de la variable (tabla 4).

Tabla 4. Estructura de soporte del Modelo de Cultura de Seguridad para la Prevención de Riesgos Laborales

	DIMENSIÓN	SU DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>MODELO DE CULTURA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>	Componente gerencial	Liderazgo	Funciones gerenciales Motivación
		Gestión preventiva	Inspección Investigación de Accidentes y Enfermedades
		Evaluación	Monitoreo factores ambientales Monitoreo a la salud de los trabajadores Indicadores de desempeño Indicadores de gestión
		Formación del Personal	Formación técnica Formación en SST
		Asignación de Recursos	Humanos Económicos Tecnológicos
		Componente individual	Involucramiento
		Evaluación de Desempeño	Roles y Responsabilidades Evaluación individual técnica Evaluación Individual en SST
		Comportamiento	Patrones de comportamiento
	Componente control	Barreras de prevención y control	Equipos de Protección Personal Permisos de trabajo Protección contra incendios Prácticas de trabajo seguro
		Estructura Documental de la empresa	Políticas Procedimientos operacionales Instrucciones de trabajo Formatos /registros Otros documentos
		Cumplimiento legal	Auditorías internas Auditorías externas.

## 6. Conclusiones.

Producto de la revisión, se detectó que no existe un consenso o concepto único para definir la cultura de seguridad, sin embargo, se observaron similitudes en torno a la misma. En este sentido, al entender que la cultura de seguridad abarca las políticas y directrices emanadas por la dirección de la organización, es posible comprender que las fallas en la administración generan una cultura de seguridad deficiente.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, existen distintos modelos que pretenden explicar la cultura de seguridad y de qué forma se presenta en la realidad. Producto de la revisión, se definieron como aspectos claves a la cultura de seguridad el componente gerencial, el componente humano y el componente control.

La medición de la cultura de seguridad resulta de relevancia para comprender el desempeño de las organizaciones en este sentido, de allí la importancia de plantear una estructura de soporte que detalle los componentes antes mencionados hasta la categoría de indicadores que puedan ser medidos.

Finalmente, la estructura de soporte del modelo de cultura de seguridad para la prevención de accidentes quedó constituida por 3 dimensiones, 11 subdimensiones y 30 indicadores.

## 7. Referencias.

- [1] Grupo Asesor de Seguridad Nuclear (1991). Cultura de Seguridad. Preparado para la Agencia Internacional de Energía Atómica. Serie de Seguridad No. 075-INSAG-4. Vienna.
- [2] Hollnagel E. (2004). Barreras y Prevención de Accidentes. Editorial ASHGATE. Inglaterra.
- [3] Wright M., Brabazon P., Tipping A. y Talwalkar M. (1999). Desarrollo de un Modelo de Excelencia Empresarial de Cultura de la Seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Londres.
- [4] Simard M. (1998). Cultura y Gestión de la Seguridad. Enciclopedia De Seguridad. Volumen I, Capítulo 59: Política de Seguridad y Liderazgo. Génova. OIT.
- [5] Trimpop R. y Zimolong B. (1998). Aceptación de Riesgos. Enciclopedia De Seguridad. Volumen I, Capítulo 59: Política de Seguridad y Liderazgo. Génova. OIT.
- [6] Cooper D. (2001). Mejorando la Cultura de Seguridad. Una guía práctica. [www.behavioral-safety.com](http://www.behavioral-safety.com) Visitada en octubre de 2013.
- [7] Martinez C. y Cremades L. (2012). Liderazgo y cultura en seguridad: su influencia en los comportamientos de trabajo seguros de los trabajadores. Salud de los trabajadores. Volumen 20 N° 2. Pág. 179-192.
- [8] Wilpert B. (2001). Importancia de la Cultura de Seguridad en Plantas Nucleares. Londres. Taylor & Francis.
- [9] Grimaldi J. y Simonds R. (1991). La Seguridad Industrial: Su Administración. Editorial Alfaomega. Madrid.
- [10] Hudson P. (2001). Gerencia de Seguridad y Cultura de Seguridad: el Largo, Duro y Winding Camino. Salud Ocupacional y Sistemas de Gerencia de Seguridad. Pág 3-32. Australia.
- [11] Wiegmann D., Zhang H., Terry Thaden T., Sharma G. y Mitchell A. (2002). Una Síntesis de las Investigaciones de Cultura de Seguridad y Clima de Seguridad. Reporte Técnico ARL-02-3/FAA-02-2. Laboratorio de Investigación de Aviación, Instituto de Aviación. Illinois. Preparado para la Administración Federal de Aviación del Aeropuerto Internacional de Atlantic City, New Jersey.
- [12] Aguilar C., De Lille M., Escamilla M. y Cetina T. (2018). Clima de Seguridad Ocupacional, Respuesta de Seguridad del Jefe y Conducta Segura del Trabajador. Revista Electrónica de Psicología Iztacala. Volumen 21, N° 1. Pág. 121-141.
- [13] Cooper D. (2008). Ponderación de riesgos en perfiles de cultura de seguridad. Conferencia Internacional de Salud, Seguridad y Ambiente en Exploración y Producción de Petróleo y Gas. Francia.
- [14] Fleming M. (2000). Modelo de Madurez de la Cultura de Seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Informe 2000/49. Edimburgo.
- [15] Cooper D. (2000). Hacia un Modelo de Cultura de Seguridad. Safety Science. Volumen 36, pág. 111-136.
- [16] Hudson P. (1999). Cultura de Seguridad – Teoría y Práctica. Ponencia presentada en la RTO HFM Taller sobre El factor humano en el Sistema de Confiabilidad - Es Rendimiento Humano Predecible? Italia.

[17] Ingeniería Humana (2005). Una revisión de la cultura de la seguridad y de la literatura del clima de seguridad para la elaboración de la guía de inspección cultura de la seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Informe de Investigación 367. Bristol.

[18] Lavarello J., Gómez M., Cayunao C., Cardenas P. y Grandón J. (2017). Caracterización de la cultura de seguridad en función del tipo de tarea que desempeñan los trabajadores. Salud de los Trabajadores. Volumen 25, N° 2. Pág. 131-137.

[19] Martínez C. y Montero R. (2015). La cultura de la seguridad en una empresa constructora: evaluación e interpretación de sus resultados. Salud de los Trabajadores. Volumen 23, N° 2. Pág. 115-126.

# Gestión del agua en la industria: puntos críticos, eficiencia y economía circular

López Sardi, Estela Mónica\*; García, Beatriz

*Facultad de Ingeniería del Ejército. UNDEF  
Cabildo 15. (C.P. C1426AAA). CABA.  
mlopezsardi@gmail.com*

## RESUMEN

En un futuro cercano la competitividad de las empresas dependerá de los mecanismos que pongan en práctica para enfrentar los desafíos que propone la sostenibilidad. En la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo se consideró al agua como una materia prima estratégica y posible fuente de conflictos internacionales. El Informe del Programa Mundial de los Recursos Hídricos de la UNESCO estima que el 70% del consumo mundial de agua en la actualidad está destinado a la agricultura, el 20% a la industria y el 10% restante al consumo final de las personas. El presente trabajo surge a partir de un proyecto de investigación cuyo objetivo es el estudio integral de los factores que afectan la calidad del agua y la formulación de indicadores de calidad. El uso industrial del agua impacta el recurso por la magnitud del consumo (input) y por la calidad de sus vertidos (output). Se investigaron los posibles mecanismos orientados a lograr una gestión sostenible del agua en la industria. La metodología aplicada consistió en el análisis de los usos del agua en una planta industrial y de los avances tecnológicos y las alternativas de gestión destinadas a mejorar la eficiencia. Los resultados son un estudio del circuito del agua vinculado a las actividades productivas, el planteo de una estrategia para la detección los puntos críticos del consumo, la aplicación de recursos de la economía circular y la propuesta de un conjunto de buenas prácticas que permitan minimizar el impacto sin afectar la productividad.

**Palabras clave:** gestión del agua en la industria, puntos críticos del agua, economía circular del agua.

## ABSTRACT

In the near future, the competitiveness of companies will depend on their capacity to face the challenges of sustainability. At the Earth Summit in Johannesburg, water was considered as a strategic raw material and a possible source of international conflicts. The report of the World Water Resources Program of UNESCO estimates that 70% of the world's water consumption is currently destined to agriculture, 20% to industry and the remaining 10% to the final consumption of people. The present work originates from a research project whose objective is the integral study of the factors that affect the water quality and the formulation of quality indicators. The industrial use of water impacts the resource by the magnitude of the consumption (input) and by the quality of its discharges (output). We investigate the mechanisms aimed at achieving a sustainable water management in the industry. The methodology applied was the analysis of the uses of water in an industrial plant and the study of technological advances and management alternatives aimed at improving efficiency. The results are the analysis of the water circuit linked to productive activities, a strategy for the detection of critical points of consumption, use of resources of circular economy, and the proposal of a set of good practices that minimize the impact without affecting productivity.

**Keywords:** industrial water management, critical water points, circular water economy.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua se ha transformado en un bien cada vez más escaso y de mayor valor. La contaminación antrópica de los recursos hídricos está alcanzando niveles que afectan su resiliencia natural. En la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo se consideró al agua como una materia prima estratégica y posible fuente de conflictos internacionales. Desde la crisis del petróleo de 1970 se ha incorporado a la agenda empresaria la constante preocupación sobre el costo y la gestión de la energía [1]. En pocos años el problema asociado al costo y la gestión del agua se podrá equiparar al tema energético. Dos de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas se relacionan directamente con el agua El objetivo 6, “Agua limpia y saneamiento” y el objetivo 14 “Océanos”. El objetivo 12, “Producción y consumo responsables” vuelve a enfocarse en este recurso [2]. En este contexto, el valor del agua en la industria adquiere relevancia en el terreno social, ambiental, económico y tecnológico. Los múltiples aspectos del valor del agua se irán haciendo cada vez más evidentes, a medida que avancen el desperdicio y la degradación del recurso. Cada vez son más las empresas que deciden implantar en sus procesos productivos sistemas de gestión para minimizar sus impactos en el ambiente. Los principales objetivos de este tipo de medidas son cumplir con los requisitos legales existentes, demostrar públicamente el compromiso ambiental de la empresa o como parte integrante de los planes de responsabilidad social empresaria. En el presente trabajo se analizan metodologías destinadas a hacer un uso eficiente del agua minimizando los impactos de la actividad industrial sobre el recurso.

Según los datos de UNICEF el 61% de la población mundial carece de acceso al agua potable o adecuadamente tratada [3]. Indicadores ambientales como agua virtual y huella hídrica permiten expresar el problema del agua en unidades físicas no monetarias [4]. El concepto de agua virtual (AV), desarrollado en 1993 por el Profesor John Anthony Allan, de la Universidad de Londres, se define como la cantidad de agua requerida para producción de los bienes agrícolas o industriales. En 2002, el Profesor Arjen Hoekstra, de UNESCO-IHE (Institute for Water Education), introdujo el más amplio concepto de huella hídrica (HH) como un indicador para evaluar el uso del agua. Este concepto se refinó y se establecieron métodos de contabilidad para su determinación. La huella hídrica establece el volumen total de agua consumida, evaporada o contaminada durante la producción de bienes y servicios por parte de una empresa u organización, o durante las actividades desarrolladas por un individuo, familia, comunidad o nación. Incluye la producción, transformación, comercialización y consumo de los productos [5-7]. El cálculo se realiza en m<sup>3</sup>/ kg para la producción de bienes y en m<sup>3</sup>/año para el consumo por parte de individuos o comunidades. La relación entre agua virtual y huella hídrica, se observa en la Ecuación (1).

$$HH \text{ Regional} = \text{Consumo interno} + AV \text{ exportada} - AV \text{ importada} \quad (1)$$

Este balance, surgido de la diferencia exportación – importación, supone un deterioro de los recursos de los países agro-exportadores y un importante ahorro de agua en los países agro-importadores.

Se estima que el 15% de agua consumida en el mundo está destinada a ser exportada como agua virtual [8]. Un 67% del agua virtual exportada por el conjunto de naciones, está relacionado con el comercio internacional de cultivos, 23 % con el comercio internacional de ganado y un 10 % está vinculado a la producción industrial. La Argentina se encuentra en el cuarto lugar dentro de la lista de países exportadores de AV, superado sólo por E.E.U.U., Canadá y Tailandia [5,6]. Brasil aparece en el décimo lugar de este ranking.

La Tabla 1 nos da una idea del agua virtual comprometida en la producción de una serie de productos agrícolas e industriales.

Tabla 1. Agua virtual de algunos productos. Fuentes [6, 9,10, 11]

PRODUCTO	AGUA VIRTUAL
Manzanas	0,4 m <sup>3</sup> /kg
Carne vacuna	10 a 40 m <sup>3</sup> / kg
Carne de pollo	3,92 m <sup>3</sup> / kg
Arroz	3 m <sup>3</sup> / kg
Trigo	1 m <sup>3</sup> /kg
Café	0,14 m <sup>3</sup> /taza
Papel	2 m <sup>3</sup> / kg
Tela de algodón	8 m <sup>3</sup> / kg
Oro	230 m <sup>3</sup> /kg
Zapatos de cuero	8 m <sup>3</sup> /par
Microchips	16 m <sup>3</sup> / kg

Por otra parte, la industria argentina utiliza el 22 % del agua total consumida en el país y es responsable del 10% del agua virtual exportada. Si se suma el agua virtual exportada por la industria de nuestro país al agua virtual que se exporta vinculada a los productos agropecuarios, se llega a la cifra de 119 mil millones de m<sup>3</sup>, siendo China el principal destinatario [12].

## 2. GESTIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA

### 2.1 Causas y efectos

Desde sus orígenes, el agua ha sido un recurso fundamental para la actividad industrial, ya sea como materia prima o como parte del proceso, como fuente de energía hidroeléctrica, como disolvente, en procesos de lavado o como regulador de la temperatura en calderas y en sistemas de refrigeración. Este recurso natural que se consideraba inagotable, ha resultado ser finito y su valor intrínseco ha aumentado, por motivo de las causas que se enumeran a continuación [13-15].

- Escasez, debida al aumento poblacional, la degradación ambiental, la presión urbana, la sobreexplotación de los acuíferos, el cambio climático.
- Contaminación, como consecuencia de la propia actividad industrial, agropecuaria y antrópica urbana.
- Evolución tecnológica hacia mejores procesos productivos que requieren mayores cantidades de agua y de mejor calidad.
- Sensibilidad social hacia el uso del recurso.
- Creación de un entorno legal para las aguas de uso y para el vertido de efluentes líquidos.

Estas causas tienen como efecto un mayor costo y mayor consumo de agua, esta relación está resumida en el gráfico de Ishikawa de la Figura 1:



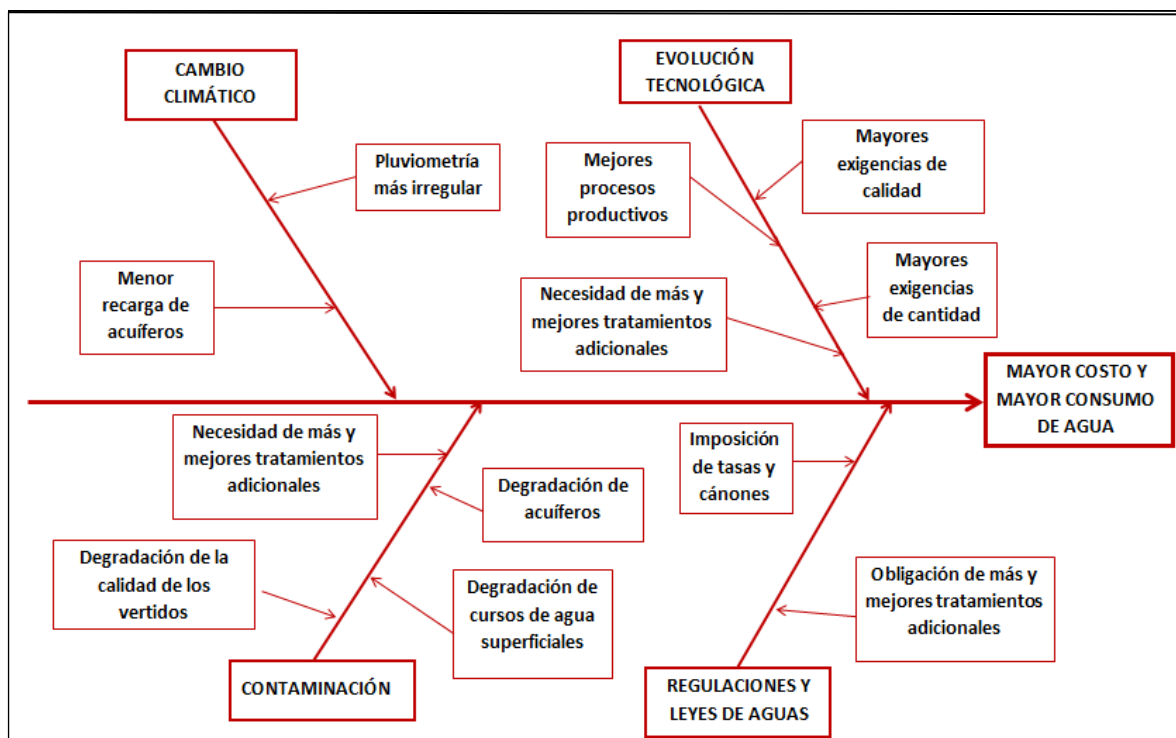


Figura 1. Ishikawa de mayores costos y consumos de agua en la industria. Fuente: Elaboración propia.

A consecuencia del mayor consumo industrial de agua y sus mayores costos, se hace necesaria una planificación adecuada de la gestión del recurso que optimice la eficiencia económica y al mismo tiempo minimice los impactos ambientales.

## 2.2 Necesidad de la inversión

La necesidad de invertir en la optimización de la gestión del agua en una planta productiva surge como respuesta a dos preguntas: ¿por qué optimizar esta gestión? y ¿cuándo hacerlo?

Respecto de la primera pregunta, a continuación, se analizan algunos de los motivos que hacen necesaria la optimización [16].

- La eficiencia en el uso del agua garantiza una reducción de costos de operación, con el subsecuente impacto positivo en las cuentas de la empresa. Este impacto se traduce, en el mediano y largo plazo, en un aumento de la competitividad de los productos de la empresa.
- La eficiencia en el uso del agua contribuye a la sostenibilidad ambiental de la empresa. De este modo se responde a la demanda creciente de la sociedad en aspectos de responsabilidad social y medioambiental empresarial y se contribuye a la fidelización de los clientes.

A continuación se detallan algunas las claves para detectar cuando una gestión empresarial del agua es ineficiente [16]:

- Cuando el costo del agua se calcula en base al costo de suministro y el costo de vertido (canon del agua), dejando de lado los costos de acondicionamiento.
- Cuando la gestión del agua en cada etapa del proceso queda a cargo de diferentes departamentos y no existe una instancia técnica de coordinación que analice la gestión del agua en su conjunto.
- Cuando los sistemas de depuración final y vertido de efluentes se agregan a los procesos con la única finalidad de cumplir con la legislación y evitar sanciones medioambientales sin pensarlos como una etapa integrada y eficiente.

- Cuando el día a día del personal que atiende los procesos productivos no deja tiempo para la capacitación, el análisis de procesos y la evaluación de los recursos.

### 3. PLANIFICANDO LA GESTIÓN

Una gestión eficiente del agua en la industria requiere un detallado estudio de las etapas del proceso productivo asociadas al recurso y de la cantidad y calidad de agua requerida en cada etapa [17-19].

#### 3.1 Diagrama de flujo

El primer paso es analizar cuál es el camino del agua dentro de la planta industrial que se quiere optimizar, especificando los caudales requeridos, las condiciones de acondicionamiento en cada etapa, carga de contaminantes, las posibilidades de recirculación y reutilización y las posibles pérdidas de agua durante el proceso. Una forma muy gráfica de disponer esta información es a través de un diagrama de flujo (Figura 2).

Para la elaboración del diagrama de la Figura 2, se comenzó con el análisis del camino del agua dentro de distintas plantas industriales de elaboración de alimentos (almidón de maíz, cerveza, bebidas gaseosas). Luego se realizó la comparación de los resultados obtenidos con el camino del agua dentro de plantas industriales de otros rubros, como la industria farmacéutica y la textil. Esta comparación permitió establecer que existen etapas y situaciones vinculadas al manejo del agua que se pueden considerar presentes en un amplio abanico de industrias. Entre dichas etapas podemos mencionar: suministro, acondicionamiento general y/o específico, uso en el proceso productivo, posibles pérdidas, y posterior tratamiento para reuso o vertido. En base a estas conclusiones se elaboró el diagrama de flujo genérico de la Figura 2, el cual puede ser adaptado, con las debidas modificaciones, para el análisis del camino del agua en una industria específica.

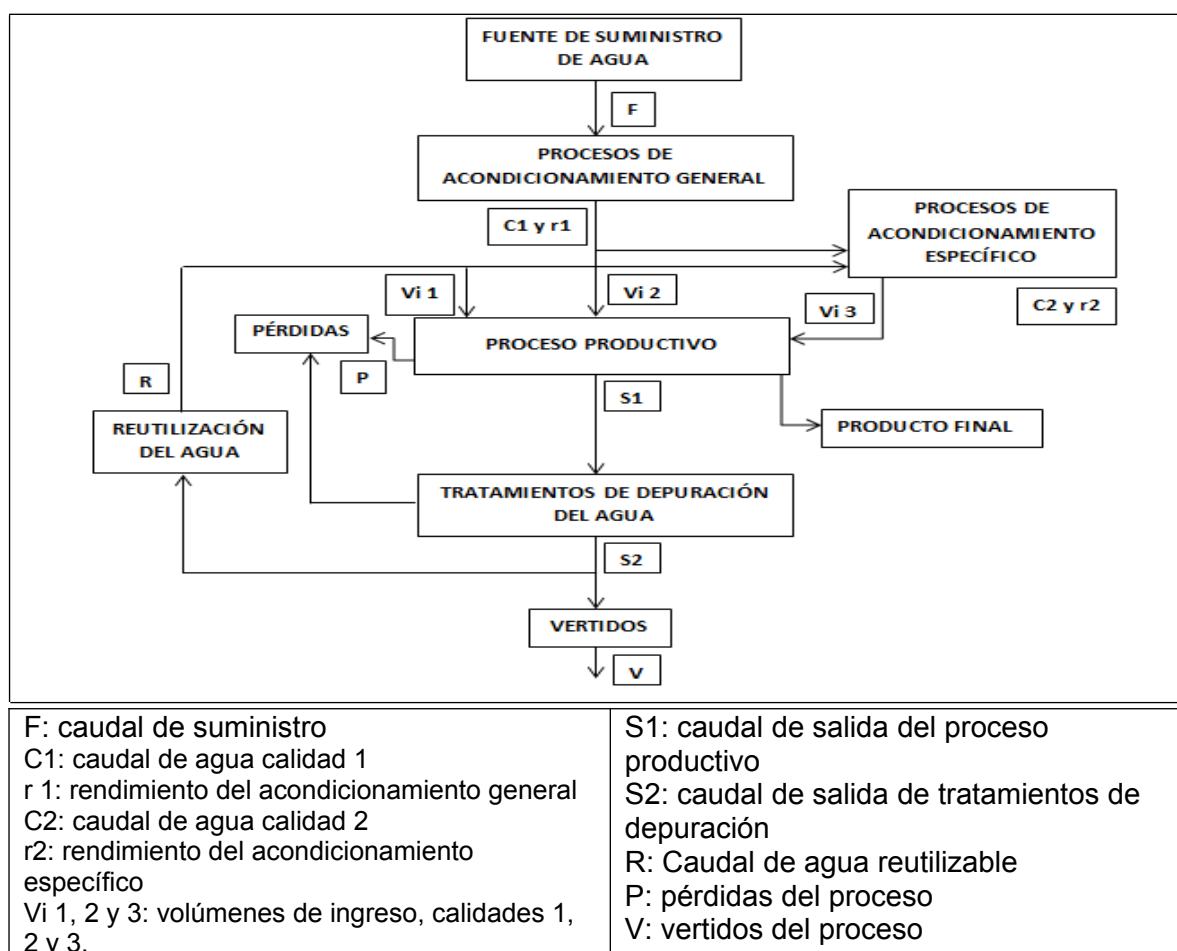


Figura 2. Diagrama de flujo: camino del agua dentro de la planta. Fuente: elaboración propia.

#### 3.2 Detección de puntos críticos

Al conocer las necesidades reales del proceso, en cantidad y calidad, es posible detectar posibles puntos críticos, en los que se esté utilizando un volumen o una calidad de agua inadecuados. Es aconsejable establecer los niveles de acondicionamiento requeridos para cada etapa del proceso productivo para evitar el tratamiento de volúmenes excesivos e innecesarios de agua y el uso de agua de calidad superior a la requerida en una etapa dada (sobretrotada). En muchas etapas es suficiente utilizar agua tratada mediante un acondicionamiento general de filtrado y/o decantación, minimizando costos al disminuir el volumen consumido de agua sometida a procesos de acondicionamiento específico (eliminación de la dureza, enfriamiento, calentamiento, esterilización, etc). Ya desde 1958, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas recomienda aplicar la política de no utilización de recursos de mayor calidad en usos que puedan admitir calidades más bajas [20].

### **3.3 Detección de pérdidas**

Es importante detectar las posibles pérdidas y fugas de agua que pueda presentar el proceso en sus distintas etapas. Estas ocasionan un incremento en los costos debido a los mayores volúmenes de agua utilizados. Las fugas y pérdidas de agua también ocasionan daños estructurales, edificios y en las maquinarias. Una fuga de agua en determinados puntos del proceso puede incluso causar la interrupción de la cadena productiva o poner en serio riesgo la seguridad del personal. En la actualidad el control de fugas de agua a lo largo de las distintas etapas clave del proceso puede realizarse mediante sistemas electrónicos de monitorización de fugas que incluyen comprobadores de presión en cañerías y medición con sensores de caudal.

### **3.4 Tratamientos de depuración del agua. Disposición final de vertidos, reuso y recirculación.**

La economía circular en el caso del agua implica la recirculación y reutilización de los diferentes caudales de salida en las distintas etapas del proceso productivo. Suele ser una estrategia que arroja buenos resultados en cuanto a la optimización de la gestión del agua.

Distinguiremos dos tipos de tratamientos distintos para los caudales de salida del proceso productivo:

- Por un lado, los ya conocidos tratamientos de las aguas negras o residuales de las industrias, aplicados para que la calidad de las mismas se equipare con los niveles y concentraciones máximos de contaminantes admitidos por la ley, y así poder disponer de los vertidos mediante el vuelco a la red sanitaria, a un pluvial o a un curso de agua determinado. Sería muy extenso describir todos los métodos que se aplican actualmente para lograr este objetivo, basta con mencionar algunos de los de mayor aplicación como: desarenado, desaceitado, decantación, precipitación, filtración, neutralización, oxigenación, tratamiento en lagunas (primarias y secundarias, con fangos activados, con lechos bacterianos, etc), entre otros.
- En segundo lugar, en muchas industrias suele generarse un cierto caudal de aguas que podemos denominar "grises", ya que su nivel de contaminación es menor que en el caso anterior. Estas aguas grises pueden provenir de ciertas etapas de lavado y acondicionamiento de materias primas, recirculaciones de sistemas de refrigeración o de calderas, o incluso de la recolección de agua de lluvia. Estos volúmenes de agua muchas veces se incorporan indiscriminadamente al caudal de las aguas negras, para su tratamiento y disposición final. Sin embargo, debido a los menores niveles de contaminación que presentan, pueden ser reacondicionadas mediante tratamientos sencillos para ser reutilizadas en distintos destinos dentro de la planta. Los tratamientos más frecuentes para estas aguas grises son: desgrasado, decantación y filtrado. En ciertos casos específicos el agua es sometida a radiación UV antes del reuso, especialmente cuando se supone que existe una importante carga microbiológica. Algunos de los usos más frecuentes para estas aguas son: aseo de pisos y otras superficies, para descarga en los sanitarios, agua para extinción de incendios, agua para riego, aguas ornamentales, lavado de flota automotor, reuso en calderas, en refrigeración y otros procesos.

### **3.5 Revisión y actualización tecnológica**

Otra estrategia que arroja buenos resultados es la revisión y actualización de la tecnología de fabricación. Sin embargo esta es una de las propuestas usualmente más resistidas en los niveles directivos de la empresa, debido a los elevados costos de inversión en maquinaria e infraestructura aparejados.

### **3.6 Buenas Prácticas en la gestión del agua**

Las buenas prácticas (BP) son medidas que afectan a las operaciones diarias de la empresa, promueven ciertos modos de actuación u organización, suponiendo cambios en la actitud de las personas sin interferir de forma notable o negativa en la esencia de los procesos productivos.

Una buena práctica es una acción implementada con resultados positivos en un determinado contexto. Respecto al agua, esta acción debe permitir la prevención en origen de la contaminación del recurso, optimizando su consumo y mejorando de manera global el comportamiento medioambiental de las distintas organizaciones empresariales.

Las BP respecto al uso del agua tienen por objetivo reducir el caudal de consumo y el caudal de vertido y disminuir la carga de contaminantes en el vertido [18]. Su implementación requiere compromiso por parte del personal de la empresa. Algunas BP a considerar en relación al agua son:

- Llevar una contabilidad del agua en la empresa, basada en documentación.
- Al adquirir nuevos equipos o instalaciones para la empresa, incluir entre las especificaciones técnicas de los equipos aquellas específicamente relacionadas con el consumo de agua.
- Implantación de medidas de ahorro como la instalación de limitadores o temporizadores automáticos y válvulas de control de flujo, para interrumpir el suministro de agua en las paradas de producción derivadas de fallos en las instalaciones o de descansos del personal de la empresa.
- Sustitución de grifos tradicionales por grifos de cierre automático, por ej. tipo botón.
- Redacción e implementación de planes de limpieza y/o desinfección eficientes.
- Mantenimiento preventivo para detectar fugas y desperfectos en forma temprana.
- Recirculación y reutilización del agua en todas aquellas etapas en las que sea posible su implementación.
- Instalación de sondas de nivel en depósitos de acumulación de agua.
- Implementar limpieza en seco (por corriente de aire, cepillos, discos, cintas vibrantes, etc) para eliminar las partículas gruesas antes del proceso de limpieza en húmedo.
- Instalación de grupo de presión para limpieza: se consigue el mismo poder limpieza con menor cantidad de agua.
- Hacer lavado de materias primas por ducha en lugar de inmersión.
- Utilizar productos de limpieza biodegradables.

## **4. CONCLUSIONES**

Que la crisis del agua se intensifique o que se pueda modificar esta tendencia depende de las interacciones en un sistema complejo. Uno de los principales componentes de la crisis mundial del agua es la crisis de gestión. El uso eficiente del recurso debe fundamentarse en una propuesta participativa, involucrando a usuarios, planificadores y tomadores de decisiones en todo nivel. Las iniciativas globales destinadas a la conservación y distribución justa del recurso no tendrán éxito si no cuentan con el aporte de los distintos sectores del ámbito productivo, principales consumidores mundiales del agua y responsables en gran medida de su contaminación. La industria hoy tiene ante sí una opción: seguir haciendo lo de siempre y ahondar la crisis de cara al futuro o recurrir a la aplicación de tecnologías y sistemas de ahorro con la eficiencia en el uso del agua como meta:

- La eficiencia en el uso del agua es una herramienta importante en un medio productivo donde la oferta indiscriminada y barata del agua deja de ser una opción factible.
- Los diferentes usos del agua en los procesos industriales deben ser considerados desde una perspectiva de conjunto, ya que muchas veces la interacción y sinergia de efectos entre los distintos sectores y actividades de la empresa es mayor de lo que se aprecia a simple vista.
- La eficiencia en el uso del agua en la industria requiere que se potencien medidas de ahorro, tratamientos avanzados para permitir la reutilización y procesos tecnológicos que disminuyan la huella hídrica y agua virtual asociados a los bienes y servicios producidos.

Y finalmente recordar que el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para el desarrollo y el crecimiento económico, pero fundamentalmente **esencial para la vida**.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Agudelo, Ruth Marina. (2009). *El agua, recurso estratégico del siglo XXI*. Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 23, no 1.
- [2]. Naciones Unidas (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- [3]. Organización Mundial de la Salud, WHO, UNICEF (2017). *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene*. Obtenido de: [https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2018/01/JMP-2017-report-es\\_0.pdf](https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2018/01/JMP-2017-report-es_0.pdf)
- [4]. Pérez Rincón, M.A. (2009). *Indicadores biofísicos de sustentabilidad. Sesión 4*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MelizzaOrdoez/indicadores-biofisicos-sustentabilidad>
- [5]. Parada-Puig, G. (2012). Virtual water: concepts and implications. *Orinoquia*, 16(1), 69-76.
- [6]. Quiroga, A. (2012). *Huella hídrica: eficiencia en el uso del agua*. Obtenido de <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=12694>
- [7]. INTA Informa (2010). *La huella hídrica para agregar valor*. Obtenido de <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=3642>
- [8]. Gallardo, S.; (2013). *El precio del agua*. Nexciencia.EXACTAS.UBA.AR Obtenido de: <http://nexciencia.exactas.uba.ar/agua-ecologia-huella-hidrica>
- [9]. Restrepo Manrique, R. (2011). *Huella Hídrica, segunda parte*. Obtenido de: <http://naturalezaexpectante.blogspot.com/2011/07/huella-hidrica-segunda-parte.html>
- [10]. Madurga, M. R. L. (2005). *Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos*. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, vol. 99, p. 369-389.
- [11]. Rocha, L. (2009). *También hay agua virtual*. Obtenido de <http://blogs.lanacion.com.ar/ecologico/el-ambiente-en-general/tambien-hay-agua-virtual/>
- [12]. Viano, L. (2013). *Argentina, uno de los mayores exportadores de agua virtual*. Obtenido de <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/argentina-uno-mayores-exportadores-agua-virtual>
- [13]. Barcelona Tech. (2000). *Gestión del agua en la industria: sostenibilidad de procesos de curtido*. Obtenido de <http://www.eei.upc.edu/continguts/APUNTS/MASTER/sostenibilitat/1%20Gestion%20agua%20industria.pdf>
- [14]. UNESCO (2015). *Agua para un mundo sostenible, datos y cifras*. Obtenido de: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)
- [15]. UNESCO (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. Obtenido de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>
- [16]. ABM Hidroprofit (2018). *Optimizar la gestión del agua en la industria*. Obtenido de: [http://www.abmjg.com/es/optimizar\\_la\\_gestin\\_del\\_agua\\_en\\_la\\_industria-es.html](http://www.abmjg.com/es/optimizar_la_gestin_del_agua_en_la_industria-es.html)

[17]. Global Omnium (2015) *Industria, agricultura y gestión del agua: 4 puntos de mejora para el futuro*.

Obtenido de: <https://actualidad.globalomnium.com/industria-gestion-agua/>

[18]. CONSEBRO (2011). *Buenas Prácticas en la gestión del agua en el sector agroalimentario*.

Obtenido de [http://www.consebro.com/efacua/guias/Guia\\_BP.pdf](http://www.consebro.com/efacua/guias/Guia_BP.pdf)

[19]. Carguaytongo Acosta, L. K., & Pazmiño Villafuerte, J. A. (2017). *Economía circular un recurso para lograr el desarrollo sostenible* (Bachelor's thesis). Obtenido de

[http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3676/1/CARGUAYTONGO%20ACOSTA%20y%20PAZMI%C3%91O%20VILLAFUERTE%20%20ECONOMIA%20CIRCULAR%20UN%20RECURSO%20PARA%20LOGRAR%20%20%20%20%20%20%20%20EL%20DESARROLLO%20%20SOSTENIBLE%20%282%29%20-%20copia.pdf](http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3676/1/CARGUAYTONGO%20ACOSTA%20y%20PAZMI%C3%91O%20VILLAFUERTE%20%20ECONOMIA%20CIRCULAR%20UN%20RECURSO%20PARA%20LOGRAR%20%20%20%20%20%20%20EL%20DESARROLLO%20%20SOSTENIBLE%20%282%29%20-%20copia.pdf)

[20]. González, G. A.; (2018). *Herramientas analíticas en la reutilización de aguas en procesos industriales*. CONICET. Congresos y reuniones científicas. San Martín. Seminario 3IA. Obtenido

de: [https://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?](https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?)

keywords=&id=33463&congresos=yes&detalles=yes&congr\_id=7264679

# Normativa para evaluar la toxicidad de los gases emanados por pisos sintéticos en situación de fuego

López Sardi, Estela Mónica\*

*Facultad de Ingeniería. Universidad de Palermo.*

*Mario Bravo 1050. (C. P. C1175ABT). CABA.*

[elopez13@palermo.edu](mailto:elopez13@palermo.edu)

[mlopezsardi@gmail.com](mailto:mlopezsardi@gmail.com)

## RESUMEN

El nuevo Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires especifica en su apartado 3.8.4.1.3 que los materiales utilizados en los pisos, paredes y cielorrasos o techos de los establecimientos universitarios y de educación superior deben ser de baja combustibilidad o retardantes de llama y no deben desprender gases tóxicos en caso de combustión. En virtud de esta disposición, el Gobierno de la Ciudad exigió, durante la realización de reformas en el campus de una Universidad Privada de la Ciudad de Buenos Aires, la presentación de la correspondiente certificación, avalando dichas condiciones para los pisos sintéticos que se iban a instalar. Se consultó al INTI y la respuesta obtenida fue que no les resultaba posible emitir dicha certificación porque aún no existen en CABA normas vigentes para determinar la toxicidad de los gases emanados por pisos sintéticos en combustión. La autoridad competente sugirió que dada la ausencia de normas, la Universidad realice un estudio de mecanismos y normas pre-existentes que sirvan como antecedente para emitir la certificación. Fue consultada la Unidad de Investigación y Desarrollo del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad, a los fines de encontrar una solución a la situación. En el trabajo completo se describe el proceso realizado para establecer la metodología de laboratorio acorde a normativa que finalmente aplicó el INTI en el análisis de los pisos, y la posterior elección de un indicador que posibilitó la estimación del grado de toxicidad de los gases emanados durante la combustión de los pisos analizados. La principal conclusión de la experiencia es que resulta apremiante que la autoridad competente proceda a la redacción de una norma que contemple este tipo de situaciones en el ámbito porteño con el fin de garantizar la aplicación de las medidas de seguridad comprendidas en el Nuevo Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires.

**Palabras clave:** Código de Edificación, pisos sintéticos, emanación de gases tóxicos.

## ABSTRACT

The new Building Code of the City of Buenos Aires specifies in section 3.8.4.1.3 that the materials used in the floors, walls or ceilings at universities and higher education establishments must be of low combustibility or flame retardants, and must not release toxic gases in case of combustion. In virtue of this disposition, the City Government demanded, during the realization of reforms in the campus of a Private University of the City of Buenos Aires, the certification that endorses these conditions for the synthetic floors that were to be installed. Samples were taken from the floors to INTI and the response was that it was not possible to certify that the gases emitted by the flaming floors were non-toxic because there are still no regulations in place for this situation in CABA. When asked about the competent authority, the answer was that given the absence of standards, the University would conduct a study and propose a set of pre-existing standards that would allow obtaining certification. The problem was transferred to the Research and Development Unit of the Department of Industrial Engineering of the University, in order to find a solution to the situation. The complete work describes the research of national and international standards, the selection criteria that allowed to establish the laboratory methodology applied by the INTI and the choice of an indicator calculated from the experimental results, to establish the degree of toxicity of the emanations of the analyzed floors in a fire situation.

**Keywords:** Building Code, synthetic floors, emanation of toxic gases.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Pisos sintéticos

Alrededor de 1920 se imponía un nuevo material para cubrir los pisos: el linóleo. Este material inaugura la era de los pisos sintéticos y consiste en una capa de yute recubierta de corcho en polvo, aceite de linaza y resinas [1].

Uno de los materiales actualmente más utilizados para este fin es el PVC (policloruro de vinilo). Estos pisos conocidos como vinílicos comienzan a producirse en la década del 50 como sustituto del linóleo. El material se impuso rápidamente por su buena respuesta ante el fuego, buena resistencia a la abrasión, impermeabilidad y fácil limpieza. Desde entonces, este tipo de pavimentos ha experimentado un continuo desarrollo con la adición de otros compuestos químicos y diferentes tratamientos superficiales que mejoran sus características y aspectos estéticos. Otro tipo de pisos sintéticos muy utilizados hoy en día son los de goma EVA (etilvinilacetato), y los pisos laminados, que imitan madera, cuyo principal componente son las resinas de melamina.

La utilización de los pisos sintéticos en ambientes interiores es la causa de un nuevo tipo de riesgo en caso de incendio: la generación de gases tóxicos. La causa más común de muerte durante los incendios no son las quemaduras sino la inhalación de humo y gases tóxicos [2]. A menudo la persona se incapacita tan rápidamente que no puede llegar a una salida que de otro modo, sería accesible. Los materiales sintéticos que son comunes en los edificios actuales pueden producir sustancias especialmente peligrosas. A medida que un fuego crece dentro de un edificio, consumirá la mayor parte del oxígeno disponible dando lugar a una combustión incompleta, que incrementa aún más la generación de este tipo de gases, en especial de monóxido de carbono.

### 1.2 Toxicidad de gases emanados por combustión de pisos sintéticos

Se denomina humo a un conjunto de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, con efectos irritantes en las mucosas. El humo irrita los ojos y dificulta la visión al evitar el paso de la luz, puede ser inflamable y/o explosivo. Los gases tóxicos emanados durante la combustión acompañan la formación de humo. Por su toxicidad pueden producir en las personas que los respiran incapacidad física, pérdida de coordinación, desorientación, envenenamiento y/o muerte. Tóxico es cualquier sustancia, natural o artificial, que posea toxicidad. Toxicidad es la capacidad de una sustancia de provocar efectos perjudiciales sobre aquellos seres vivos con los que entra en contacto. Intoxicación es un estado de un ser vivo en el cual éste se encuentra bajo los efectos perjudiciales de una sustancia tóxica. Existen múltiples factores que influyen sobre la toxicidad de una sustancia: estado físico, vía de administración, dosis, tiempo de exposición, número de exposiciones y el estado fisiológico (salud) del individuo expuesto, entre otros [3].

En el caso de los gases emanados durante incendios, es importante establecer la toxicidad aguda por inhalación. La mayoría de los datos existentes de los efectos de estos gases tóxicos sobre las personas provienen de los estudios post mortem realizados a víctimas de incendios. Como en general los agentes químicos presentan efectos similares sobre todas las especies, incluidas las personas, los estudios toxicológicos experimentales se realizan utilizando animales de laboratorio. Los más empleados son los pequeños roedores. Una de las principales diferencias en la respuesta entre los pequeños animales y las personas es la diferencia en el volumen respiratorio por unidad de peso, que resulta ser mayor para roedores y pájaros. El hombre ha aprovechado esta diferencia, al utilizar aves o roedores para detectar la presencia de gases peligrosos en ambientes cerrados como las minas [3, 4].

Por sus efectos, los gases tóxicos pueden ser clasificados en distintas categorías [3-5].

- Asfixiantes simples: desplazan al oxígeno del aire. (Ej: dióxido de carbono:  $\text{CO}_2$ )
- Asfixiantes químicos: afectan el transporte de oxígeno por parte de la sangre hacia los tejidos (Ej: cianuro de hidrógeno:  $\text{HCN}$ , monóxido de carbono:  $\text{CO}$ )
- Irritantes: de piel, mucosas y tracto respiratorio (Ej: cloruro de hidrógeno:  $\text{HCl}$ , bromuro de hidrógeno:  $\text{HBr}$ , fluoruro de hidrógeno:  $\text{HF}$ , dióxido de azufre:  $\text{SO}_2$ , dióxido de nitrógeno:  $\text{NO}_2$ , formaldehído:  $\text{CH}_2\text{O}$ )
- Corrosivos: destruyen los tejidos por su carácter fuertemente ácido (Ej:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) o alcalino (Ej: amoníaco:  $\text{NH}_3$ ).
- Narcóticos: afectan al sistema nervioso central, provocando desorientación, pérdida del conocimiento y finalmente la muerte. (Ej: monóxido de carbono:  $\text{CO}$ ).



Los estudios toxicológicos de inhalación clásicos están destinados a establecer los efectos de los gases tóxicos sobre personas expuestas en forma más o menos continua a distintos niveles de inhalación por sus circunstancias laborales o personales (vendedores, transportistas, obreros de la construcción, fabricantes de sustancias químicas, operarios, etc). En estos casos, se analiza toda la gama de efectos y los límites tolerados son muy bajos. Por otra parte, la toxicología de la combustión constituye un campo distinto y específico, destinado a modelar una situación de emergencia. En este tipo de ensayos los tiempos de exposición son mucho más cortos, generalmente de 5 a 30 minutos. La supervivencia es el factor elemental más importante, así como establecer los límites de incapacitación, toxicidad severa o muerte.

Los efectos cuantitativos de un tóxico se estudian variando su dosis y relacionándola con los efectos encontrados. Los valores más empleados para su estudio son:

*Dosis efectiva 50*: ED<sub>50</sub>, es la dosis que produce la respuesta estudiada en el 50% de los animales participantes del ensayo.

*Nivel sin efecto adverso observable*: NOAEL, es la máxima concentración o nivel de una sustancia, hallado experimentalmente o por observación, que no causa alteraciones adversas detectables en la morfología, capacidad funcional, crecimiento, desarrollo o duración de la vida de los organismos del ensayo, que sean distinguibles de los observados en organismos normales de la misma especie y cepa, bajo condiciones definidas de exposición. Se expresa en mg/kg/día. Nivel de exposición experimental que representa el máximo nivel probado al cual no se observan efectos tóxicos [6].

*Dosis letal 50*: LD<sub>50</sub>, es la dosis que resulta letal para el 50% de los animales de prueba participantes del ensayo [7].

*Concentración letal 50*: LC<sub>50</sub>, concentración letal de un químico en el agua o el aire que resulta letal para el 50% de los animales de prueba participantes de un ensayo [8].

*IDLH*: *Immediately dangerous to life and health*, término específico creado por el US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Se denomina así a la concentración aérea de un tóxico capaz de causar la muerte o de tener efectos nocivos sobre la salud, en forma inmediata o retrasada, o que es capaz de impedir el escape de dicho ambiente tóxico [9].

En toxicología de inhalación los principales factores a tener en cuenta son la concentración del tóxico y el tiempo de exposición. El estudio de las curvas concentración – tiempo para los distintos tóxicos es de gran importancia en la toxicología de la combustión. Muchos sistemas de seguridad contra incendio avanzados se basan en estos estudios y emplean sus resultados para evaluar el tiempo de escape disponible como elemento de diseño.

Un importante aspecto técnico a considerar en una prueba de toxicología de la combustión, es el modelo de fuego a aplicar sobre el material en el laboratorio. El mismo debe ser seleccionado considerando cuidadosamente los datos que vinculan las etapas de la combustión en el laboratorio con las condiciones de los incendios reales. Los datos a considerar son: condiciones de ventilación, concentración de oxígeno, relación CO<sub>2</sub>/CO, temperatura, flujos de calor y tiempo de permanencia del material ensayado en la zona de altas temperaturas [10].

Para los ensayos de laboratorio se trabaja con probetas relativamente pequeñas. Se debe tener en cuenta el tamaño, orientación y forma de la probeta, para que sean representativas de la situación real [11]. Los resultados de los ensayos de laboratorio se acercan a la situación de un incendio real tanto como se puede, sin que sea posible la reproducción exacta de la situación real. En un incendio existe una sinergia debido a los aportes concomitantes de los distintos gases tóxicos emanados de todos los materiales del ambiente en combustión. Por este motivo, los valores máximos admitidos para las sustancias tóxicas presentes en los gases generados por distintos materiales durante su ignición suelen ser menores a los valores límite de toxicidad de las mismas sustancias estudiadas en forma aislada. Los diferentes modelos tienen en cuenta el concepto de acumulación de las dosis de exposición a los tóxicos, conocido como criterio de aditividad de los efectos tóxicos de los distintos gases de la mezcla. Este modelo toma en cuenta que cada uno de los gases presentes contribuye a la agresión global sobre el individuo expuesto [4].

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS. LOS ASPECTOS DEL PROBLEMA**

El Nuevo Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires [12] especifica en su apartado 3.8.4.1.3 que los materiales utilizados en los pisos, paredes y cielorrasos o techos de los establecimientos universitarios y de educación superior deben ser de baja combustibilidad o

retardantes de llama y no deben desprender gases tóxicos en caso de combustión. En virtud de esta disposición, el Gobierno de la Ciudad exigió, durante la realización de reformas en el campus de una Universidad Privada de la Ciudad de Buenos Aires, la presentación de la correspondiente certificación avalando dichas condiciones para los pisos sintéticos que se iban a instalar. Se consultó al INTI y la respuesta obtenida fue que no les resultaba posible emitir dicha certificación porque aún no existen en CABA normas vigentes para determinar la toxicidad de los gases emanados por pisos sintéticos en combustión. La autoridad competente sugirió que dada la ausencia de normas, la Universidad realice un estudio de mecanismos y normas pre-existentes que sirvan como antecedente para emitir la certificación. Fue consultada la Unidad de Investigación y Desarrollo del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad, a fin de encontrar una solución a la situación.

El problema presentaba varios aspectos metodológicos que requerían ser investigados:

1. Identificar un conjunto de test experimentales de laboratorio que permitan realizar el análisis de las muestras de pisos suministradas por la Universidad, bajo métodos estandarizados y reproducibles e internacionalmente aceptados. Mediante estos ensayos se determinará el tipo y concentración de los gases tóxicos emitidos por los pisos sintéticos en ignición.
2. Encontrar un laboratorio certificado que disponga de las capacidades analíticas y tecnológicas requeridas para realizar dichos ensayos y para emitir un informe válido.
3. Establecer una metodología que permita, conociendo el tipo y concentración de cada gas emitido, evaluar la toxicidad potencial de los pisos sintéticos en ignición. Dicha metodología debe ser acorde a normas pre-existentes o procedimientos reconocidos internacionalmente, para dar validez a las conclusiones y así determinar fehacientemente si los pisos en cuestión son aptos para ser utilizados, de acuerdo a lo requerido por el Nuevo Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires.

## 2.1 ESTUDIO DE ANTECEDENTES NORMATIVOS E IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS EXPERIMENTALES

Existe gran cantidad de normativa internacional vinculada con la toxicidad de los humos y gases generados durante un incendio. Algunas de estas normas describen los gases a considerar y las técnicas analíticas a aplicar, en forma general. Otras normas son más específicas, refiriéndose a gases tóxicos generados durante el incendio de vagones ferroviarios, aviones, barcos y otros ambientes particulares. En la Tabla 1, se menciona una serie de normas internacionales referidas a la toxicidad de los gases emanados por materiales sintéticos en ignición:

Tabla 1. Normas internacionales referidas a la toxicidad de los gases emanados por materiales sintéticos en ignición. Fuentes: [5, 13-17]

NORMA	EMITIDA POR	APLICABLE A	GASES ANALIZADOS
NORMA AFNOR NF 16-101	Association Française de Normalisation	Material ferroviario	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr.
NORMA AFNOR NF X 70-100	Association Française de Normalisation	Material ferroviario	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> .
NORMATIVA CNRT Nota GST del 31/10/2013	Comisión Nacional de Regulación del Transporte, Argentina	Material ferroviario	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> .
NORMA IEC 20-37/7	International Electrotechnical Commission	Cables y componentes eléctricos	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , formaldehído y acrilonitrilo.
NORMA IMO FTP CODE	International Maritime Organization	Embarcaciones marítimas	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> , formaldehído y acroleína.
NORMA MSC 61.67	Mediterranean Shipping Company	Embarcaciones marítimas	CO, SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> .
NORMA NASA TN D-8338	US NASA	Materiales plásticos en general	O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , HCl, NH <sub>3</sub> , COS,

			formaldehído.
NORMAS DIN EN ISO 5659-2:2007 Y DIN 54510:2009-05 ANEXOS C Y D.	Deutsches Institut für Normung	Vehículos ferroviarios de transporte de pasajeros	SO <sub>2</sub> , NO-NO <sub>2</sub> , HCN, HCl, HF, CO, CO <sub>2</sub> .
BS 6853:1999	British Standard	Vagones de ferrocarril destinados al transporte de pasajeros.	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, HCl, HCN, HBr, NO <sub>x</sub> .

Se estudiaron las diferentes normas, en especial el capítulo referido a las técnicas de muestreo y análisis experimental. Se realizó un documento informativo que fue enviado a distintos laboratorios certificados, a fin de seleccionar uno que tuviera la capacidad tecnológica para realizar los análisis y extender un informe válido de los niveles de gases emitidos.

## 2.2 MUESTREO Y ANÁLISIS

El análisis de las muestras fue finalmente realizado por el INTI, de acuerdo a la metodología experimental propuesta por la NORMA AFNOR NF X 70-100. Se analizaron ocho gases: monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, bromuro de hidrógeno y cianuro de hidrógeno [18].

El procedimiento empleado fue el siguiente:

- Acondicionamiento de la muestra (1,0 -1,5 g) durante 48 h a 23 +/- 2 ° C y 50+/- 5% de humedad relativa.
- Generación de gases en horno tubular a 600°C que contiene navicilla porta-muestras.
- Captación de bromuro y cloruro de hidrógeno en agua destilada.
- Captación de cianuro de hidrógeno solución acuosa de hidróxido de sodio 0,1N.
- Captación de fluoruro de hidrógeno en solución acuosa de hidróxido de sodio 1 N.
- Captación de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en bolsas de tedlar.
- Monóxido de carbono, dióxido de carbono y dióxido de azufre se determinan con sensores electroquímicos.
- Bromuro, cloruro y fluoruro de hidrógeno se determinan por ionometría con electrodo sensitivo de iones.
- Cianuro de hidrógeno se determina por colorimetría mediante espectrofotometría visible.

## 2.3 EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE LOS PISOS SINTÉTICOS EN IGNICIÓN

Una vez recibidos los resultados de laboratorio fue necesario establecer una metodología que permita evaluar la toxicidad de la mezcla de gases emitida por los pisos en situación de fuego. Es necesario destacar que el criterio a aplicar no puede ser la comparación del valor de cada gas aislado con su LD<sub>50</sub>, LC<sub>50</sub> o IDLH, porque deben ser necesario considerar, como se explicó más arriba, los efectos sinérgicos y aditivos de los gases componentes de la mezcla. A continuación se detallan algunas de las metodologías internacionalmente aceptadas para este tipo de evaluación:

### 2.3.1 Modelo N-gas:

Este modelo fue desarrollado para evaluar el riesgo tóxico de la mezcla de gases emitida durante un incendio [19]. El modelo asume que el riesgo depende de la proporción en la mezcla de una serie de gases principales, a los que aplica un modelo acumulativo, de acuerdo a la Ecuación (1).

$$N_{gas} = \frac{m[CO]}{[CO_2] - b} + \frac{21 - [O_2]}{21 - LC_{50}(O_2)} + \frac{[HCN]}{LC_{50}(HCN)} + \frac{0,4[NO_2]}{LC_{50}(NO_2)} + \frac{[HBr]}{LC_{50}(HBr)}$$

(1)

Las constantes experimentales *m* y *b* adoptan un valor variable que depende del % de CO<sub>2</sub> en la mezcla analizada. El criterio es que cuando N-gas es igual a 1, mueren parte de los animales del

experimento, para N-gas mayor a 1,3 mueren todos los animales del experimento y para N-gas menor a 0,8 no muere ningún animal del experimento.

### 2.3.2 Método FED

FED es la sigla de “fractional effective dose” o dosis fraccionaria efectiva. Este modelo toma en consideración el tiempo de exposición y asume que el efecto acumulativo de los diferentes gases es lineal. Este método se aplica generalmente para determinar la mortalidad en un grupo de ratas de laboratorio expuestas a un tóxico o mezcla tóxica durante 30 minutos y sirve para realizar comparaciones de toxicidad entre distintos gases o mezclas [19]. Se calcula mediante la Ecuación (2), donde  $C_i$  representa a la concentración de cada uno de los gases de la mezcla potencialmente tóxica y  $t$  es el tiempo de exposición.

$$FED = \sum_{i=1}^n \frac{\int_0^t C_i dt}{LC_{50}(i)t} \quad (2)$$

### 2.3.3 Método de la Universidad de Pittsburgh

Las regulaciones de la Ciudad de Nueva York especifican que todos los materiales utilizados en la construcción deben ser evaluados por este método para establecer la toxicidad de los gases emitidos en caso de incendio [11]. Se provoca la descomposición térmica de los materiales a partir de los 30° C y aumentando la temperatura 20° C/min. Los animales se exponen a los gases generados, a partir del 1% de pérdida de masa del material, durante 30 minutos corridos, exponiendo grupos de cuatro animales por vez. Se realiza la combustión de distintas masas del material, para poder realizar la curva concentración-respuesta. Se establece la  $LC_{50}$  del material. El Código de Edificación de la Ciudad de Nueva York requiere que ningún material empleado en la construcción de edificios sea más tóxico que la madera, cuya  $LC_{50}$  es 19,7g/m<sup>3</sup>. Materiales con valores de  $LC_{50}$  mayores a ese son admitidos.

### 2.3.4 Índice de humos

Conocido como IF, “fume index”, es un índice calculado de acuerdo a la norma NF 16101, que combina la densidad óptica de los humos emitidos durante la ignición del material con la toxicidad de los gases que acompañan dicha ignición [13]. Se calcula según la Ecuación (3).

$$IF = Dm/100 + VOF4/30 + ITC/2 \quad (3)$$

$Dm$  es la máxima densidad óptica de los humos, observada durante la ignición,  $VOF4$  es la sumatoria de las densidades ópticas observadas durante 4 minutos e  $ITC$  es el índice de toxicidad de los gases que acompañan al humo. El  $ITC$  se calcula de acuerdo a la Ecuación (4).

$$ITC = 100 \cdot \sum \left( \frac{C_i}{CC_i} \right) \quad (4)$$

Donde la concentración de cada uno de los gases,  $C_i$ , se divide por un valor de referencia considerado aceptable,  $CC_i$ . La tabla de valores de referencia, así como los valores aceptables de IF para cada tipo de material pueden obtenerse en el texto de la norma.

### 2.3.5 Suma ponderada de gases tóxicos, R.

Este índice se determina de acuerdo a lo especificado en la norma BS 6853:1999 (British Standard), Anexo B [17]. La suma ponderada de gases tóxicos, R, es un índice adimensional, que se calcula de acuerdo a las ecuaciones (5) y (6). En primer lugar, para cada gas de la mezcla se calcula  $R_x$ ,

$$R_x = \frac{C_x}{f_x} \quad (5)$$

En esta ecuación,  $C_x$  es la concentración de cada gas, en mg de gas por g de material, analizando la muestra acorde a lo especificado en la norma AFNOR NF X 70-100. Los valores  $f_x$  de referencia son explicitados en el texto de la norma. Estos valores  $f_x$  corresponden a los IDLH de NIOSH. A continuación se suman los valores de  $R_x$  de cada gas constituyente de la mezcla, para obtener el índice general,  $R$ .

$$R = \sum_{i=1}^n R_x(6)$$

El valor de esta suma ponderada, obtenido para cada muestra, se compara con la Tabla 1 de la misma norma, que explicita los valores admitidos para distintos tipos de superficies. Para superficies interiores en posición supina, es decir, aquellas superficies orientadas hacia arriba (pisos), con revestimiento sintético y según la Tabla 1 de la Norma BS 6853:1999, el requerimiento es  $R \leq 5,0$ .

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dado que las muestras de pisos sintéticos de la Universidad fueron analizadas por el INTI de acuerdo a los procedimientos descritos en la norma AFNOR NF X 70-100, y que los ocho gases estudiados coinciden con los solicitados en la norma BS 6853:1999, los resultados se evaluaron de acuerdo a la suma ponderada de gases tóxicos,  $R$ .

#### 3.1 Descripción de las muestras.

Las tres muestras analizadas se describen a continuación:

##### **MUESTRA 01**

Marca: **LG**

Modelo: Deluxe tile

Medidas: 30 X 30 cm. Espesor: 2.09mm

Peso: 396 grs.

Densidad Superficial: 4400 g/m<sup>2</sup>

##### **MUESTRA 02**

Marca: **Armstrong**

Modelo: Standar excelon Imperial texture

Medidas: 30 X 30 cm. Espesor: 2.15mm

Peso: 636 grs.

Densidad Superficial: 7070 g/m<sup>2</sup>

##### **MUESTRA 03**

Marca: **Tarkett**

Modelo: Paviflex Dinamic Thru

Medidas: 30 X 30 cm. Espesor: 2.31mm

Peso: 400 grs.

Densidad superficial: 4444 g/m<sup>2</sup>

#### 3.2 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 2:

Tabla 2. *Resultados obtenidos en el análisis de tres muestras de pisos sintéticos.*  
*Fuente: elaboración propia.*

Gas	Valor de Referencia <i>f<sub>x</sub></i> (mg/g)	MUESTRA 01 <i>C<sub>x</sub></i> (mg/g)	MUESTRA 02 <i>C<sub>x</sub></i> (mg/g)	MUESTRA 03 <i>C<sub>x</sub></i> (mg/g)	MUESTRA 01 <i>R<sub>x</sub></i>	MUESTRA 02 <i>R<sub>x</sub></i>	MUESTRA 03 <i>R<sub>x</sub></i>
Dióxido de carbono	14000	1303,9	940,86	250,1	0,093	0,067	0,018
Monóxido de carbono	280	38,61	23,47	17,1	0,138	0,084	0,061
Fluoruro de hidrógeno	4,9	0,18	0,19	0,16	0,037	0,039	0,033
Cloruro de hidrógeno	15	15,24	19,02	36,35	1,016	1,268	2,423
Bromuro de hidrógeno	20	0,51	0,52	0,4	0,026	0,026	0,02
Cianuro de hidrógeno	11	0,06	0,06	0,03	0,005	0,005	0,003
Dióxido de nitrógeno	7,6	0,8	0,74	0,87	0,105	0,097	0,114
Dióxido de azufre	53	1,65	1,53	0,42	0,031	0,029	0,008
<b>Suma ponderada de gases tóxicos, R</b>					<b>1,451</b>	<b>1,615</b>	<b>2,68</b>

### 3.4 Interpretación de resultados

Las tres muestras presentan un valor de suma ponderada R que cumple con los criterios recomendados por la Norma BS 6853:1999 Anexo B por encontrarse por debajo del límite superior permitido en el texto de la norma.

## 4. CONCLUSIÓN

Una de las principales, sino la principal, causa de muerte en situaciones de incendio se vincula con la inhalación de gases tóxicos emanados durante la ignición. Por este motivo el nuevo Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires ha aumentado las exigencias en lo referido al análisis de la toxicidad de las mezclas de gases emanadas por los pisos sintéticos en caso de ignición, especialmente en el caso de instituciones educativas. Ante la ausencia de normativa en el ámbito porteño, fue posible obtener la certificación de este tipo de pisos recurriendo a normas internacionales que utilizan metodologías de análisis disponibles en los laboratorios certificados del ámbito local. La principal conclusión de la experiencia es que resulta apremiante que la autoridad competente proceda a la redacción de una norma que contemple este tipo de situaciones en el ámbito porteño. La experiencia nos demostró que la nueva normativa puede redactarse tomando como punto de partida normas pre-existentes de aplicación probada tanto en el ámbito nacional como internacional que regulan el uso de materiales similares en ámbitos tales como ferrocarriles, aviones y barcos. De ese modo conseguirá la aplicación efectiva del Nuevo Código de Edificación, pensado para garantizar la seguridad de los habitantes de la Ciudad de Buenos Aires.

## 5. REFERENCIAS

- [1]. Jones, S.L. (1999). *A comparison of vinyl, linoleum and cork*. Georgia Tech Research Institute. Obtenido de: <https://web.archive.org/web/20071202081254/http://maven.gtri.gatech.edu/sfi/resources/pdf/TR/Resilient%20flooring.pdf>
- [2]. Bringas Barrueta, Y. (2007). *Análisis estadístico sobre víctimas mortales en incendios en España en 2007*. Fundación Mapfre. Obtenido de: <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/proyecto/VICTIMAS-MORTALES-EN-INCENDIOS.pdf>
- [3]. Botta, N. (2001). *Gases tóxicos en los incendios*. Apuntes de Cátedra: Prevención y Control de Incendios I. Módulo 19. Instituto Superior Federico Grote.
- [4]. Lacosta Berna, J. M. (1996). *Evaluación del riesgo tóxico en los incendios. Ensayos de toxicidad de los productos volátiles de la combustión*. MAPFRE Seguridad. Online. Accedido el 15 de Nov. de 2017. [https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1018133](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018133)
- [5]. Justina Garro. (2014). *Toxicidad de incendios. Ensayos*. Online. Accedido el 15 de Nov. de 2017. [https://www.academia.edu/27961917/Toxicidad-\\_ensayos](https://www.academia.edu/27961917/Toxicidad-_ensayos)
- [6]. The University of Arizona, Center for Toxicology. (2004). *Toxicología Ambiental. NOAEL*. Online. Accedido el 29 Nov. 2017. <http://toxamb.pharmacy.arizona.edu/c2-5-1-4.html>

- [7]. Dosis letal 50 (2018). Guiar. Obtenido de: [https://www.unizar.es/guiar/1/General/Def\\_DL50.htm](https://www.unizar.es/guiar/1/General/Def_DL50.htm)
- [8]. Concentración letal media (2018) Guiar. Obtenido de: [https://www.unizar.es/guiar/1/General/Def\\_CL50.htm](https://www.unizar.es/guiar/1/General/Def_CL50.htm)
- [9]. Fire Station. (2012). *Valores de concentración IDLH*. Obtenido de: <https://firestation.wordpress.com/2012/01/10/valores-de-concentracion-idlh-immediately-dangerous-to-life-or-health-lista-revisada-de-valores-de-la-niosh/>
- [10]. Tecnofuego, AESPI. (2017). *Toxicidad de humo en incendios*. Online. Accedido el 29 de Nov. De 2017. <http://www.tecnofuego-aespi.org/es/comunicacion/articulos-tecnicos/toxicidad-de-humo-en-incendios/15/98>
- [11]. Beitel, J.J.; Beyler, C.L.; McKenna, L.A. (1998). *Overview of smoke toxicity testing and regulations*.  
NRL/MR/6180--98-8128 Naval Research Laboratory. Washington DC. Obtenido de <http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADA342016>
- [12]. Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires. Versión 4. (2017). Buenos Aires Ciudad.
- [13]. CREPIM. (2018). *Railways. M y F Ranking, NF F176-101*. Accedido el 3 de Julio de 2018 en: <http://www.crepim.com/fire-testing-downloads>
- [14]. International Organization for Standardization. *Iso 19701:2013*. Online. <https://www.iso.org/standard/51334.html> Accedido el 16 Nov. 2017.
- [15]. MSC. (1996). *Adoption of the international code for application of fire test procedures*. Resolution MSC.61 (67).
- [16]. NASA (1976). *Technical note*. NASA TN D-8338. Online. Accedido el 15 de Nov. de 2017. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19770003257.pdf>
- [17]. British Standard Institution. (1999) *Code of practice for fire precautions in the design and construction of passenger carrying trains*. BS 6853:1999
- [18]. Exova Warrington Fire (2011). *Fire Tests, Analysis of gaseous effluents*. Part 1. Xiamen Wain Electrical Co. Obtenido de: <http://www.wainconnector.com/Upload/%E8%B5%84%E8%B4%A8%E8%AE%A4%E8%AF%81/NFX70100-09242660399.pdf>
- [19]. Zhang, T., Zhou, X., & Yang, L. (2016). Experimental study of fire hazards of thermal-insulation material in diesel locomotive: aluminum-polyurethane. *Materials*, 9(3), 168.

# POTENCIAL DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA

Nicolás, Ariel Gustavo<sup>1</sup>; Viel, Jorge Eduardo<sup>1</sup>  
López González, Luis<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de la Rioja, ITIDI - Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Industrial - Av. Luis M. de la Fuente S/N, La Rioja CP 5300, Argentina.*

[ariel.nicolas77@gmail.com](mailto:ariel.nicolas77@gmail.com) - [itidi@unlar.edu.ar](mailto:itidi@unlar.edu.ar) - [jviel@unlar.edu.ar](mailto:jviel@unlar.edu.ar)

<sup>2</sup> *Universidad de la Rioja, Departamento de Ingeniería Mecánica – E.T.S. de Ingeniería Industrial de Logroño - Luis de Ulloa 20 CP 26004, La Rioja – España*  
[luis-maria.lopez@unirioja.es](mailto:luis-maria.lopez@unirioja.es)

## RESUMEN.

La generación de energías limpias a través de fuentes renovables, son una vía de desarrollo hacia un futuro limpio y sustentable, donde la creciente demanda de energía y la necesidad de reducir los niveles de contaminación ambiental forman parte del progreso de las comunidades a nivel global.

En el contexto Nacional, Argentina atraviesa una crisis energética con dependencia mayoritaria de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica y en el contexto provincial, La Rioja, requiere en gran medida de la importación de energía eléctrica para cubrir la mayor parte de su consumo.

Esta situación impulsó la investigación de aplicaciones tecnológicas con el objetivo de hacer una contribución cuantitativa al mejoramiento de la condición de dependencia energética de La Provincia, donde se pretende demostrar que el recurso solar disponible es significativo y se presenta como una alternativa para mejorar el abastecimiento de energía eléctrica de manera descentralizada.

En este marco, se contempló la generación de energía eléctrica a través de la energía solar fotovoltaica, analizando su consumo por cada departamento y considerando el potencial de generación de cada locación.

La metodología utilizada fue mixta, considerando el aspecto cuantitativo y cualitativo de la investigación, recurriendo al análisis bibliográfico y distintas fuentes de información oficial, también trabajos publicados y aplicaciones informáticas de Sistemas de Información Geográficos.

Se pretende que este documento sirva como instrumento de aporte para las diferentes áreas de gobierno, universidades y también como documento para futuras planificaciones energéticas para la Provincia.

**Palabras Claves:** Rioja, Consumo, Energía, Solar, Fotovoltaica



## 1. INTRODUCCION

La importancia de contar con un atlas solar es vital a la hora de proyectar o decidir el emplazamiento de una planta de energía solar. Contar con esta información permite estimar de manera certera los rendimientos de la inversión. En este sentido se destaca el trabajo realizado por los investigadores Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini de la Universidad Nacional de Luján quienes han recabado una importante cantidad de datos de estaciones meteorológicas de todo el país con datos de más de 50 años y han realizado un trabajo de análisis y corrección de errores que les han permitido publicar el primer Atlas solar de la República Argentina [1].

En un contexto similar la Secretaria de energía ha publicado el primer informe de las mediciones del recurso solar realizadas en la provincia de Santa Fe con fines energéticos [2] y recientemente se ha anunciado que El INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agroindustrial conjuntamente con la empresa Y-TEC y la Universidad de Luján, creó una red con 30 estaciones en todo el país que permitirá evaluar proyectos agronómicos e instalar plantas solares que generen energía eléctrica [3].

Argentina posee valores de irradiación solar diaria que van desde los 0,5 kWh/m<sup>2</sup> en los meses de julio sobre todo al sur del País hasta valores de los 7,5 kWh/m<sup>2</sup> en la Región oeste en los meses de Verano y valores de heliofanía que van desde las 2 horas en el sur del país en julio hasta las 10 horas en los meses de enero.

Los meses que presentan los valores máximos de irradiación solar de 7,5 kWh/m<sup>2</sup>, son los meses de noviembre, diciembre, enero como pueden verse en las imágenes extraídas del atlas solar argentino. Gran parte del país presenta valores importantes de irradiación solar

Se observa que la zona cordillerana es la que presenta los valores máximos de irradiación solar desde el sur de la provincia de Neuquén hacia el norte de Jujuy, siendo los meses con mayor irradiación solar, noviembre, diciembre, enero y febrero. El noroeste de la región patagónica, provincia de Neuquén, el oeste de la Región de Cuyo comprendiendo Mendoza, San Juan y La Rioja y el Oeste de la Región Noroeste con Catamarca, Tucumán Salta y Jujuy presentan los valores de irradiación solar más elevados del país. En el mes de febrero la intensidad de la irradiación comienza a disminuir siendo la máxima de 6,5 kWh/m<sup>2</sup>, las zonas más irradiadas siguen siendo las mismas.

Por otro lado con respecto a la heliofanía se puede ver que los meses de Noviembre, Diciembre, Enero son los meses de mayores horas de sol siendo las regiones noroeste la que presentan los valores mayores entre 8 y 10 horas y Atlas Solar Argentino Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini [1].

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Instalaciones de baja Potencia

En la Provincia de La Rioja se llevaron a cabo tres programas, para la generación de energía eléctrica de baja potencia a través de paneles fotovoltaicos destinados principalmente a pobladores de zonas rurales, donde la red de energía eléctrica no llega a sus viviendas.

A continuación se describe brevemente cada uno:

El Dorado Sol: El mismo nace a partir de un convenio de cooperación y transferencia tecnológica entre la República Argentina y la República Federal de Alemania.

Este programa es ejecutado entre los años 1991 y 1995. Consiste en la instalación de mil paneles fotovoltaicos destinados a la iluminación domiciliar de pobladores rurales de 50 Wp cada uno.

Cada equipo comprendía los siguientes componentes: Un panel generador fotovoltaico de policristales de silicio de 50 Wp de potencia, un regulador de carga, banco de almacenamiento compuesto por una batería de 110 Amperios hora, tres lámparas de bajo consumo 15 W. El sistema funcionaba con 12 V de corriente continua con distribución por cables de sección adecuada con sus respectivas llaves y tomas. Estos sistemas tenían una vida útil de 20 años, aproximadamente.

El Proyecto Solar 2000: Es financiado por fondos propios de la Provincia a partir del año 2000 hasta aproximadamente el año 2003, instalando dos mil sistemas de generación fotovoltaico de 50 Wp cada uno.

El equipo es de similares características al anterior.

El Programa PERMER (Programa de Energías Renovables para el Mercado Eléctrico Rural) pertenece a la Secretaría de Energía de La Nación y se ejecutó en los años 2006 al 2007.

Este programa está destinado al equipamiento de 60 escuelas rurales, sin abastecimiento de energía eléctrica, de las cuales 58 posee una capacidad instalada de 650 Wp y dos escuelas de 1.300 Wp.

Si sumamos las potencias instaladas de todos los sistemas instalados nos da un valor de 190,3 kWp, lo cual supuso un importante impacto en la población rural que fue beneficiada con estos paneles, si bien es cierto es una cifra modesta a nivel general.

**Tabla 1. Instalaciones de baja potencia instalados en la Provincia de la Rioja detallada por Programa y Departamentos.**

Nº	DEPARTAMENTOS	PANELES DORADO SOL	PANELES SOLAR 2000	PANELES PERMER (Escuelas)	POTENCIA INSTALADA Wp
1	CAPITAL	134	219	3 (2 de 650, 1 de 1300)	20250
2	SANAGASTA	0	4	0	200
3	CHAMICAL	64	133	6	13750
4	GRAL BELGRANO	43	285	4	19000
5	GRAL A. V. PEÑALOZA	194	91	1	14900
6	INDEPENDENCIA	48	83	1	7200
7	GRAL. OCAMPO	107	275	10	25600
8	GRAL SAN MARTIN	164	231	7	24300
9	R. V. PEÑALOZA	95	120	15	20500
10	GRAL J.F. QUIROGA	57	295	8	22800
11	CNEL. F. VARELA	35	49	2	5500
12	GRAL LAMADRID	14	6	0	1000
13	VINCHINA	18	11	2(1 de 650, 1 de 1300)	3400
14	CHILECITO	0	95	0	4750
15	FAMATINA	16	5	0	1050
16	ARAUCO	0	89	1	5100
17	CASTRO BARROS	6	4	0	500
18	SAN BLAS DE LOS SAUCES	5	5	0	500
	<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>60</b>	<b>50.060</b>
	<b>POTENCIA TOTAL INST Wp</b>	<b>50.000</b>	<b>100.000</b>	<b>40.300</b>	<b>190.300</b>

Fuente: Ministerio de Infraestructura de La Rioja – Gobierno de la Provincia de La Rioja [4]

En la Tabla 1 se muestra la Potencia Total Instalada en la Provincia, detallada por Programa y por Departamento hace referencia únicamente a sistemas fotovoltaicos para iluminación domiciliar y escuelas, no así, en lo que respecta a potencia instalada para extracción de agua mediante sistemas de bombeo fotovoltaico.

Se tiene conocimiento que hubo la instalación de unas diez plantas de bombeo llevadas adelante por la Fundación GTZ mediante un convenio con la República de Alemania. Pero se desconoce el estado de las mismas actualmente.

No se conoce sobre la situación actual de los sistemas de iluminación domiciliar. Se supone que algunos salieron de servicio, por falta de mantenimiento y otros fueron reemplazados donde se llevó adelante el Programa de Electrificación Rural mediante sistemas de red por cables para previsión de energía eléctrica a estas poblaciones.

En el cuadro de Potencia Total Instalada en la Provincia, también se observa que la mayor potencia instalada es en la zona de los llanos Norte y Sur. Se debe principalmente a las características de la población que es muy dispersa, como consecuencia de la actividad económica y productiva que desarrollan, la ganadería extensiva a campo abierto.

### 1.1.2. Instalaciones de alta Potencia

La empresa 360 Energy [6], ha instalado en el Departamento Chilecito más precisamente, en la localidad de Nonogasta, una planta solar fotovoltaica de 35 MW de Potencia, se estima que podrá generar unos 90.000 MW/h anuales capacidad, lo cual significa otro avance muy importante, para la generación de energías limpias para la provincia de La Rioja, si consideramos los 50 MW instalados del parque eólico de Aimogasta y su ampliación en el corto plazo a 100 MW prevista para los primeros meses del año 2019

### 1.2.1. El análisis del recurso solar en la Provincia de La Rioja

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se dispone de un atlas solar argentino donde los valores de irradiación solar van desde los 0,5 kWh/m<sup>2</sup> a los 7,5 kWh/m<sup>2</sup>. Por su parte La Rioja, presenta valores de irradiación solar global que van desde los 2,5 kWh/m<sup>2</sup> hasta los 7,5 kWh/m<sup>2</sup> en su región más occidental, se destaca que los valores de esta variable son más elevados conforme nos acercamos a las regiones más occidentales de la provincia. Esta tendencia también se observa, con los valores obtenidos de heliofanía.

**Tabla 2. Radiación Global Mensual Promedio de la Provincia de La Rioja (kWh/m<sup>2</sup>)**

Lugar	LAT (°)	LONG (°)	ALT (m)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pro medio
La Rioja	-29,42	-66,85	429	5,7	4,9	4,4	3,5	3,3	2,5	2,8	3,6	4,9	4,9	5,2	5,3	4,3

Extraído del Atlas Solar de La República Argentina realizado por los investigadores Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini [1].

**Tabla 3. Heliofanía Efectiva Mensual Promedio de la Provincia de La Rioja (h)**

Lugar	LAT (°)	LONG (°)	ALT (m)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pro medio
Chilecito	-29,17	-67,52	1170	8,4	8,4	7,8	6,8	6,9	6,3	6,9	8,0	7,5	8,8	8,9	8,9	7,8
La Rioja	-29,38	-66,82	429	7,9	7,8	6,6	6,5	6,2	5,9	6,6	7,6	7,5	8,2	8,2	7,7	7,2
Chamical	-30,37	-66,28	461	6,7	7,1	5,2	5,2	3,9	3,7	4,5	6,0	5,7	6,5	7,1	6,9	5,7

Extraído del Atlas Solar de La República Argentina realizado por los investigadores Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini [1].

Dado que los valores medidos hacen referencia a tres localidades de La Provincia de La Rioja, uno para la irradiación solar global (La Rioja Capital) y tres localidades para la heliofanía (La Rioja Capital, Chamical y Chilecito) se trabajó con las imágenes del mapa para poder ampliar el análisis para otras localidades determinar su valor.

Para analizar se tomaron las imágenes del mapa y se ubicaron siete puntos coincidentes con las cabeceras de los departamentos nombrados en la Tabla 4, abarcando las seis regiones de la provincia. Estos puntos fueron elegidos considerando tres aspectos importantes como población, consumo de energía eléctrica e irradiación solar global.

En la Tabla 4 se presentan los datos tabulados de los Gráficos, podemos ver que la zona con mayor irradiación solar global la del noroeste de la Provincia siendo Villa Unión la que presenta valores más elevados

**Tabla 4. Valores de Irradiación solar Global Diaria kWh/m<sup>2</sup>**

Referencia	Lugar/ Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pro medio
D	Villa unión	6,0	5,5	4,5	4,5	3,5	3,0	3,0	4,0	5,0	7,0	7,5	7,0	5,0
B	Famatina	5,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,5	5,0	5,0	6,0	6,5	4,6
C	Chilecito	5,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,5	5,0	5,0	5,5	6,5	4,5
A	Aimogasta	5,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,5	4,5	5,5	6,0	4,4
E	La Rioja	5,5	6,0	5,0	3,5	3,0	2,5	2,5	3,5	4,5	4,5	5,0	6,0	4,3
F	Chamical	5,5	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	3,5	4,5	5,0	5,5	5,5	4,2
G	Catuna	5,5	5,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	3,5	4,5	5,0	5,5	5,5	4,2
-	Promedio	5,6	5,4	4,4	3,9	3,3	2,8	2,8	3,6	4,7	5,1	5,8	6,1	4,5

Fuente: Elaboración Propia basados en Atlas Solar de La República Argentina

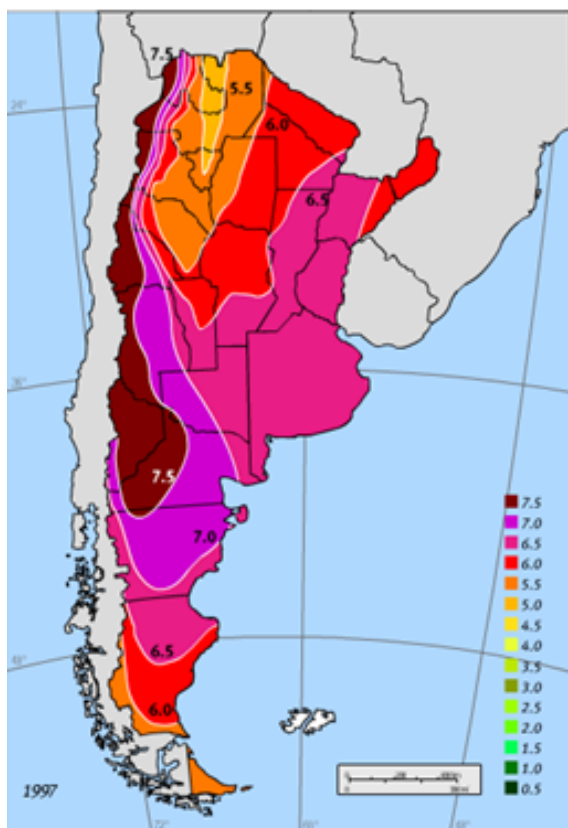
En la Tabla 5 se procedió de igual manera que en la tabla anterior, con respecto a la heliofanía las localidades de Chilecito Aimogasta y Villa Unión presentan los valores promedios anuales más elevados.

**Tabla 5. Valores de Insolación Heliofanía Efectiva h.**

Referencia	Lugar	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pro medio
B	Famatina	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	6,0	9,0	9,0	9,0	7,3
C	Chilecito	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	6,0	9,0	9,0	9,0	7,3
D	Villa unión	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	5,0	7,0	8,0	7,0	9,0	9,0	9,0	7,3
A	Aimogasta	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	5,0	7,0	7,0	6,0	8,0	9,0	8,0	6,8
E	La Rioja	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	5,0	6,0	7,0	5,0	8,0	9,0	8,0	6,8
F	Chamical	8,0	8,0	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0	8,0	8,0	6,5
G	Catuna	8,0	8,0	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0	8,0	8,0	6,5
-	Promedio	7,9	7,9	6,0	6,0	5,7	5,3	6,3	7,1	6,0	8,1	8,7	8,4	7,0

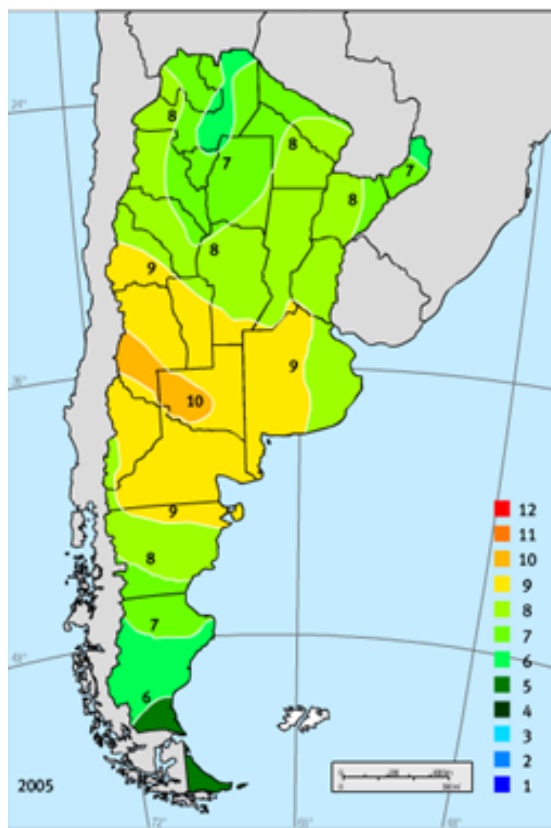
Fuente: Elaboración Propia basados en Atlas Solar de La República Argentina

**Imagen 1 Mapa solar de Irradiación Solar Global Diaria kWh/m<sup>2</sup> mes de Enero**



Fuente: Extraído [1]

**Imagen 2. Mapa solar de heliofanía Diaria kWh/m<sup>2</sup> mes de Enero**



Fuente: Extraído [1]

## 2. EQUIPOS

Con el objetivo de poder medir la radiación solar en la provincia se instalaron tres estaciones meteorológicas en diferentes lugares. La elección de los mismos se dio más bien por una cuestión de accesibilidad y control de los datos, de esta manera, las localidades elegidas fueron, la Ciudad Capital de la Rioja, la localidad de Aimogasta en el departamento Arauco y la localidad de la Villa Santa Rita de Catuna en el departamento Ortiz de Ocampo. Los equipos pertenecen al proyecto de investigación *Determinación del Análisis de los recursos energéticos de la Provincia de La Rioja, República Argentina 2015 - 2016 Cod 27/A607*

**Tabla 6. Estaciones Meteorológicas correspondientes al Proyecto**

N°	Estación Meteorológica	Localidad	Latitud	Longitud	ASNM (m)	Período de Registros	Fuente - Referencia	Equipos - Estaciones
1	Ilarioja7	Aimogasta	28° 34' 07,08" S	66° 47' 21,62" W	819	11/2014 - 06/2017	Estaciones UNLaR - b2)	HP 1000
2	Ilarioja6	La Rioja Capital	29° 25' 46,45" S	66° 51' 11,23" W	513	01/2015 - 06/2018	Estaciones UNLaR - b2)	HP 1000
3	Ilarioja5	Santa Rita del Valle de Catuna	30° 57' 01,44" S	66° 13' 29,88" W	495	10/2014 - 06/2018	Estaciones UNLaR - b2)	HP 1000

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7. Detalle de las variables utilizadas por cada estación.**

N°	Estación Meteorológica	Localidad	Te	H	Pr	R	V	DV
1	Ilarioja7	Aimogasta	x	x	x	x	x	x
2	Ilarioja6	La Rioja Capital	x	x	x	x	x	x
3	Ilarioja5	Santa Rita del Valle de Catuna	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración Propia

Referencias:

x: Variable Disponible  
 Te: Temperatura externa (°C)  
 V: Velocidad de viento (m/s)  
 H: Humedad Porcentual (%)

Set: Registros cada 10 minutos  
 Pr: Precipitación (mm)  
 R; Radiación Solar W/m<sup>2</sup>  
 DV: Dirección del viento (°)

En la Tabla 7, se muestran un resumen de los resultados de los resultados de radiación solar global promedio de las estaciones.

**Tabla 7. Radiación solar Promedio diaria Kwh/m<sup>2</sup>, La Rioja Capital, Catuna, Aimogasta**

Lugar	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRO
La Rioja	5,1	4,7	3,9	2,8	1,9	2,0	2,0	2,9	3,7	3,9	4,6	5,3	3,6
Catuna	5,1	4,6	3,3	2,3	1,8	1,9	1,9	2,7	3,3	4,3	4,9	5,5	3,5
Aimogasta	7,5	6,9	6,1	4,6	3,0	2,2	2,4	3,4	4,4	5,6	5,6	8,2	5,0

Fuente: Elaboración propia Proyecto Investigación Cod 27/A607

Como se puede observar de los datos relevados existe una marcada diferencia, entre los valores del mapa solar y las mediciones realizadas con las estaciones. Para el caso de la Ciudad Capital de La Rioja se puede observar que la diferencia promedio es de -0,7 kwh/m<sup>2</sup> mediciones. Para el caso de Catuna también la diferencia es de - 0,7 kwh/m<sup>2</sup> y por ultimo para Aimogasta la diferencia es de + 0,5 kwh/m<sup>2</sup>.

### 3. RESULTADOS

Para tener una referencia del potencial de la energía solar fotovoltaica en la Rioja es necesario contar con un método que permita estimar los rendimientos de los sistemas fotovoltaicos instalados, para esto es posible utilizar una aplicación informática SolarGIS [5] es un sistema de información geográfica diseñado para satisfacer las necesidades de la industria de la energía solar. Esta aplicación combina datos de recursos solares y datos meteorológicos con un sistema de aplicación basada en la web para apoyar la planificación, desarrollo y operación de sistemas de energía solar

El sistema SolarGIS, permite la comprensión global de la disponibilidad de recurso solar con datos de la mejor calidad disponible, su nivel de detalle conduce a una mejor toma de decisiones

La radiación solar se calcula GeoModel Solar usando internamente desarrollado y operado modelos meteorológicos. Utilizamos datos atmosféricos satélite y como entrada. El rendimiento de los modelos se valida con datos de varias estaciones meteorológicas ubicadas en todo el mundo.

Actualmente se disponen de aplicaciones informáticas que permiten determinar el potencial de la energía solar fotovoltaica y la producción de la misma tal es el SOLAR GIS con su aplicación PV Planner que permite determinar el rendimiento de un panel fotovoltaica de 1KW pico de potencia instalada además de ofrecer datos de irradiación global y temperatura.

Dado la disponibilidad de esta aplicación a continuación se presentan la Tabla 8 de resultados extraídos de los informes del PV Planner donde se tomaron las referencias de cada localidad de la provincia.

**Tabla 8. Irradiación Global Diaria kWh/m<sup>2</sup>**

Nº	Lugar	Latitud	Longitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
10	Jagué	28° 38' 10.96" S	68° 20' 59.89" W	8,36	7,64	6,65	5,47	4,32	3,86	4,15	5,20	6,51	7,95	8,89	9,01	6,50
26	Vindhina	28° 45' 25.92" S	68° 11' 12.85" W	8,11	7,35	6,20	5,09	4,03	3,67	3,96	4,97	6,20	7,58	8,62	8,76	6,21
25	Villa Unión	29° 20' 30.41" S	68° 12' 44.62" W	8,02	7,28	6,05	4,95	3,90	3,56	3,86	4,79	6,10	7,43	8,47	8,60	6,08
15	Pagandillo	29° 32' 33.44" S	68° 06' 23.64" W	8,06	7,27	6,06	4,91	3,89	3,55	3,83	4,80	6,07	7,39	8,44	8,62	6,07
2	Aimogasta	28° 34' 7.33" S	66° 47' 21.92" W	7,78	7,22	6,22	5,03	3,98	3,63	3,93	4,86	6,08	7,33	8,16	8,24	6,03
9	Guandacol	29° 32' 19.19" S	68° 33' 13.17" W	7,81	7,22	6,07	4,98	3,86	3,50	3,79	4,76	6,05	7,39	8,42	8,50	6,02
16	Parque Eólico Arauco	28° 42' 7.31" S	66° 44' 8.75" W	7,79	7,20	6,18	5,00	3,95	3,60	3,92	4,85	6,09	7,32	8,16	8,25	6,02
11	Jumeal	29° 47' 4.71" S	67° 55' 37.54" W	8,01	7,20	5,96	4,80	3,85	3,52	3,79	4,75	5,99	7,31	8,36	8,55	6,00
24	Villa Mazán	28° 38' 51.18" S	66° 32' 3.55" W	7,82	7,17	6,18	5,01	3,94	3,57	3,89	4,80	6,04	7,23	8,08	8,19	5,99
20	San Blas de Los Sauces	28° 23' 46.71" S	67° 06' 9.68" W	7,53	6,97	5,93	4,87	3,94	3,64	3,93	4,88	6,06	7,21	7,95	8,03	5,91
8	Famatina	28° 54' 25.13" S	67° 30' 50.37" W	7,20	6,71	5,72	4,70	3,89	3,61	3,93	4,90	6,08	7,23	7,87	7,77	5,80
7	Chilecito	29° 12' 5.84" S	67° 30' 19.16" W	7,51	6,67	5,59	4,55	3,69	3,42	3,81	4,76	5,94	7,09	7,92	7,90	5,73
3	Anillaco	28° 48' 57.96" S	66° 55' 12.46" W	6,96	6,42	5,54	4,60	3,81	3,53	3,88	4,78	5,93	7,02	7,54	7,42	5,62
12	Los Llanos	30° 25' 29.97" S	67° 02' 18.87" W	7,66	6,67	5,41	4,26	3,37	2,99	3,49	4,49	5,70	6,81	7,72	7,88	5,53
6	Chepes	31° 21' 46.34" S	66° 35' 22.85" W	7,73	6,80	5,44	4,23	3,24	2,94	3,32	4,28	5,56	6,70	7,77	7,96	5,49
19	San Antonio	31° 05' 17.6" S	66° 48' 8.53" W	7,65	6,71	5,46	4,25	3,32	3,01	3,40	4,32	5,59	6,70	7,70	7,87	5,49
21	Sanagasta	29° 18' 21.64" S	67° 0' 38.75" W	7,04	6,38	5,38	4,36	3,59	3,35	3,69	4,59	5,75	6,77	7,52	7,43	5,48
18	Punta de Los Llanos	30° 09' 33.76" S	66° 34' 8.07" W	7,51	6,65	5,41	4,25	3,38	3,00	3,48	4,44	5,60	6,66	7,55	7,75	5,47
17	Patquia	29° 59' 39.09" S	66° 53' 29.88" W	7,47	6,60	5,35	4,24	3,40	3,01	3,51	4,40	5,66	6,68	7,52	7,63	5,46
22	Tama	30° 29' 47.0" S	66° 31' 59.53" W	7,49	6,58	5,36	4,23	3,39	3,06	3,47	4,43	5,63	6,67	7,52	7,74	5,46
13	Milagro	31° 01' 10.89" S	66° 0' 24.8" W	7,58	6,58	5,24	4,06	3,13	2,73	3,29	4,27	5,53	6,63	7,57	7,72	5,36
4	Catuna	30° 57' 2.42" S	66° 13' 29.87" W	7,54	6,51	5,21	4,06	3,16	2,72	3,31	4,31	5,58	6,64	7,54	7,65	5,35
23	Ulapes	31° 33' 45.34" S	66° 13' 47.56" W	7,64	6,59	5,16	4,00	3,05	2,67	3,19	4,20	5,48	6,64	7,58	7,77	5,32
1	La Rioja Aero	29° 23' 11.45" S	66° 47' 40.1" W	7,07	6,19	5,16	4,15	3,43	3,09	3,55	4,49	5,57	6,53	7,18	7,24	5,30
5	Charrical	30° 20' 48.23" S	66° 17' 47.34" W	7,29	6,28	4,92	3,95	3,18	2,78	3,37	4,36	5,53	6,48	7,26	7,37	5,22
14	Olta	30° 36' 49.27" S	66° 16' 10.31" W	7,27	6,20	4,89	3,90	3,10	2,71	3,33	4,32	5,51	6,50	7,25	7,30	5,18
-	Promedios Mensuales	-	-	<b>7,61</b>	<b>6,81</b>	<b>5,64</b>	<b>4,53</b>	<b>3,61</b>	<b>3,26</b>	<b>3,66</b>	<b>4,62</b>	<b>5,84</b>	<b>7,00</b>	<b>7,87</b>	<b>7,97</b>	<b>5,70</b>

Fuente: Elaboración propia datos obtenidos SolarGisPV Planner [5]

Comparado con los datos del atlas solar argentino de Grossi Gallegos y Raul Righini el PV Planner estima una irradiación solar global más elevada si comparamos los datos medidos en la Ciudad Capital de La Rioja no obstante el PV Planner permite ver algo que en el Atlas Solar Argentino ya se advierte y es que los valores de irradiación global como así también los rendimientos de los paneles solares tienen valores más elevados conformes nos acercamos a la zonas cordilleranas es así que las regiones más occidentales como lo son el Valle del Bermejo y el Valle de Famatina tienen los valores más elevados, seguidos de la Región Norte, Centro y de los Llanos.

### 4. CONCLUSIONES

Para las conclusiones se tuvieron en cuenta dos tipos de información procesada, la del Atlas Solar Argentino [1] y la utilización del Programa Solar Gis PV Planner [5].

Como se puede ver en la Tabla 9 los lugares más propicios con condiciones naturales más acordes para la instalación en plantas solares fotovoltaicas están dados con preferencia en la región del Valle del Bermejo, siendo las mismas la región menos densamente pobladas y con menor consumo de energía eléctrica.

En la Tabla 8, se puede ver la localidad de Villa Unión con un valor de producción de energía por kWpico de 1.925 kWh/m<sup>2</sup>, también posee valores interesantes Aimogasta y la Zona del actual emplazamiento del parque Eólico de Arauco con una producción de 1.909 kWh/m<sup>2</sup> que posee valores más elevados que los de Chilecito 1.839 kWh/m<sup>2</sup> y Famatina 1.892 kWh/m<sup>2</sup>.

De las localidades de la Región del Valle del Bermejo, Villa Unión se destaca por sobre del resto por las obras en el tendido de red eléctrica de media potencia y la adhesión al interconectado nacional, esto la hace más factible para la instalación de plantas de conversión de energía solar fotovoltaica que el resto de las localidades, por el hecho de que sería posible aprovechar la infraestructura disponible.

**Tabla 9. Irradiación Global Diaria kWh/m<sup>2</sup>**

N°	Lugar	Región	Latitud	Longitud	Energía producida [kWh/kWp]	Energía producida Promedio [kWh/kWp]	Pérdidas [kWh/kWp]	Pérdidas [%]	[acumul. %]
10	Jagué	Valle del Bermejo	28° 38' 10.96" S	68° 20' 59.89" W	2088	1963,8	-572,0	-21,5	78,5
26	Vinchina		28° 45' 25.92" S	68° 11' 12.85" W	1969		-565,0	-22,3	77,7
15	Pagancillo		29° 32' 33.44" S	68° 06' 23.64" W	1928		-554,0	-22,3	77,7
25	Villa Unión		29° 20' 30.41" S	68° 12' 44.62" W	1925		-560,0	-22,5	77,5
9	Guandacol		29° 32' 19.19" S	68° 33' 13.17" W	1909		-559,0	-22,6	77,3
16	Parque Eólico Arauco	Norte	28° 42' 7.31" S	66° 44' 8.75" W	1909	1875,6	-545,0	-22,2	77,8
2	Aimogasta		28° 34' 7.33" S	66° 47' 21.92" W	1907		-551,0	-22,4	77,6
24	Villa Mazán		28° 38' 51.18" S	66° 32' 3.55" W	1880		-561,0	-23,0	77,0
20	San Blas de Los Sauces		28° 23' 46.71" S	67° 06' 9.68" W	1874		-535,0	-22,2	77,8
3	Anillaco		28° 48' 57.96" S	66° 55' 12.46" W	1808		-499,0	-21,6	78,4
8	Famatina	Valle del	28° 54' 25.13" S	67° 30' 50.37" W	1892	1865,5	-493,0	-20,7	79,3
7	Chilecito	Famatina	29° 12' 5.84" S	67° 30' 19.16" W	1839		-506,0	-21,6	78,4
21	Sanagasta	Capital	29° 18' 21.64" S	67° 0' 38.75" W	1751	1704,00	-510,0	-22,6	77,4
1	La Rioja Aero		29° 23' 11.45" S	66° 47' 40.1" W	1657		-496,0	-23,0	77,0
12	Los Llanos	Llanos del Norte	30° 25' 29.97" S	67° 02' 18.87" W	1751	1730,6	-503,0	-22,3	77,7
22	Tama		30° 29' 47.0" S	66° 31' 59.53" W	1733		-496,0	-22,3	77,7
18	Punta de Los Llanos		30° 09' 33.76" S	66° 34' 8.07" W	1715		-506,0	-22,8	77,2
17	Patquia		29° 59' 39.09" S	66° 53' 29.88" W	1713		-507,0	-22,8	77,2
11	Jumeal		29° 47' 4.71" S	67° 55' 37.54" W	1925		-536,0	-21,8	78,2
14	Olta		30° 36' 49.27" S	66° 16' 10.31" W	1638		-480,0	-22,7	77,3
5	Chemical		30° 20' 48.23" S	66° 17' 47.34" W	1639		-479,0	-22,6	77,4
19	San Antonio		31° 05' 17.6" S	66° 48' 8.53" W	1750		-497,0	-22,1	77,9
6	Chepes	Llanos del Sur	31° 21' 46.34" S	66° 35' 22.85" W	1745	1711,4	-500,0	-22,3	77,7
4	Catuna	30° 57' 2.42" S	66° 13' 29.87" W	1698	-477,0		-21,9	78,1	
13	Milagro	31° 01' 10.89" S	66° 0' 24.8" W	1685	-491,0		-22,6	77,4	
23	Ulapes	31° 33' 45.34" S	66° 13' 47.56" W	1679	-495,0		-22,8	77,2	
-	Promedios	-	-	-	1807,96		1808,48	-518,19	-22,29

Fuente: Elaboración propia datos obtenidos SolarGisPV Planner [5]

Se puede ver que existen otras localidades de la Región con valores mayor de producción de energía eléctrica que Villa Unión como es la de Jagué el análisis de la conveniencia de estos lugares por encima de la localidad de Villa Unión queda pendiente para un posterior estudio.

El objetivo de la Tabla 10 es mostrar la superficie necesaria, en paneles solares fotovoltaicos, para cubrir la demanda de energía eléctrica de los distintos Departamentos de la Provincia de La Rioja, tomando como criterio el emplazamiento en la misma localidad. Para el cálculo de la capacidad instalada se realiza el cociente entre el consumo y la generación de energía en kWh/kWpico, de panel solar instalado.

De esta manera el resultado es la cantidad de kWpico que deben ser instalados para cubrir el consumo energético de cada lugar. Finalmente el cálculo de superficie realiza considerando que 1kWp de planta solar fotovoltaica de mediana a alta potencia requiere aproximadamente 28 m<sup>2</sup> de superficie necesaria. Luego se realiza la conversión de unidades para expresar la superficie necesaria en hectáreas (ha).

**Tabla 10. Cálculo de capacidad instalada y superficie paneles solares**

Municipios	Proyeccion Consumo Energia Electrica 2017 [MWh]	Participación %	Energía Producida [kWh/kWp]	Referencia	Calculo Capacidad Instalada [KWp]	Superficie Necesaria Paneles Solares [ha]
ARAUCO	102.900,76	7,22%	1.909,00	Parque Eólico	53.902,97	150,93
CAPITAL	845.527,84	59,37%	1.701,00	La Rioja Aero	497.076,92	1.391,82
CASTRO BARROS	15.036,82	1,06%	1.808,00	Anillaco	8.316,82	23,29
CHAMICAL	33.751,35	2,37%	1.639,00	Chamical	20.592,65	57,66
CHILECITO	279.357,30	19,61%	1.839,00	Chilecito	151.907,18	425,34
FAMATINA	17.321,66	1,22%	1.892,00	Famatina	9.155,21	25,63
FELIPE VARELA	23.729,68	1,67%	1.925,00	Villa Unión	12.327,11	34,52
GRAL ANGEL V PEÑALOZA	4.168,98	0,29%	1.733,00	Tama	2.405,65	6,74
GRAL BELGRANO	15.019,29	1,05%	1.638,00	Olta	9.169,28	25,67
GRAL JUAN F QUIROGA	5.853,57	0,41%	1.733,00	Tama	3.377,71	9,46
GRAL LAMADRID	4.157,60	0,29%	1.969,00	Vinchina	2.111,53	5,91
GRAL OCAMPO	12.863,53	0,90%	1.698,00	Catuna	7.575,69	21,21
GRAL SAN MARTIN	6.425,02	0,45%	1.679,00	Ulapes	3.826,69	10,71
INDEPENDENCIA	3.883,61	0,27%	1.713,00	Patquia	2.267,14	6,35
ROSARIO VERA PEÑALOZA	29.252,92	2,05%	1.745,00	Chepes	16.763,85	46,94
SAN BLAS DE LOS SAUCES	11.647,57	0,82%	1.874,00	San Blas de los	6.215,35	17,40
SAN JOSE DE VINCHINA	8.539,77	0,60%	1.969,00	Vinchina	4.337,11	12,14
SANAGASTA	4.830,70	0,34%	1.751,00	Sanagasta	2.758,82	7,72
Total ----->	1.424.267,95	100,00%	-	-	814.087,67	2.279,45

Fuente: Elaboración propia datos obtenidos SolarGis PV Planner [5]

Nota: Consumo energético Incluye todos los sectores, residencial, Comercial, industrial, alumbrado público, riego agrícola y oficial.

Para el caso del Departamento General Juan Facundo Quiroga se tomó el valor de la localidad de Tama. Para el caso del Departamento General LAMADRID se tomó el valor de radiación solar de la localidad de Jagué.

Una de las condiciones más importantes para poder realizar emplazamientos de alta potencia es la disponibilidad de red eléctrica de media tensión en el interconectado nacional, de esta manera como se puede ver en el mapa las localidades de Villa Unión, Nonogasta, Chilecito, Paquita Aimogasta, La Rioja y Chemical presentan esta condición, si nos referimos al mejor aprovechamiento podemos ver que los emplazamientos de alta potencia serían ubicados en las zonas de Villa Unión, Nonogata Famatina. Chilecito y Aimogasta en menor medida en la Capital de La Rioja .y Chemical

En contraposición la zona rural más dispersa sin acceso a la energía eléctrica se encuentra en los llanos norte y llanos sur de la provincia por tal motivo en estos lugares se podría aprovechar de manera la energía de baja potencia, aunque los rendimientos son sensiblemente menores a los de la zona oeste, se podría la solución a muchos hogares.



**Mapa 1. Mapa Distribución de energía eléctrica de La Rioja.**



Fuente: Trasnoa [7]

**Tabla 11. Hogares por tipo de vivienda La Rioja**

Provincia	Total de población	Urbana	Rural		
			Total	Agrupada	Dispersa
Total del País	40.117.096	36.517.332	3.599.764	1.307.701	2.292.063
La Rioja	333.642	288.518	45.124	30.730	14.394

Fuente: Extracto Tabla Censo Nacional de Población 2010 República Argentina [8]

*Nota: población urbana refiere a la población que reside en áreas de 2.000 o más habitantes. Se clasifica como población rural a la que se encuentra agrupada en localidades de menos de 2.000 habitantes y a la que se encuentra dispersa en campo abierto.*

De acuerdo a lo tomado en el censo 2010, [8] los hogares de poblaciones rurales dispersas son del orden de los 14.394, lo que en promedio tomando 3 personas por hogar nos da un valores de 4515.

Si consideramos la Tabla 12 la cantidad de hogares que no poseen energía eléctrica en su mayoría son casa de tipo B, ranchos y casillas sumando un total de 1.357 hogares sin energía eléctrica. Esta realidad, sumada a las dificultades de acceso de muchos parajes para llevar el tendido eléctrico, es necesario considerarlos para la aplicación de la energía solar fotovoltaica ya a través de módulos individuales domésticos o pequeñas mini redes que puedan abastecer las necesidades básicas de las poblaciones más carentes de servicio.

**Tabla 12. Hogares por tipo de vivienda según electricidad año 2010 La Rioja**

Tenencia de electricidad	Total de hogares	Tipo de vivienda									
		Casa			Rancho	Casilla	Departamento	Pieza/s en inquilinato	Pieza/s en hotel o pensión	Local no construido para habitación	Vivienda móvil
		Total	A <sup>(1)</sup>	B <sup>(2)</sup>							
<b>Total</b>	<b>91.239</b>	<b>82.215</b>	<b>67.083</b>	<b>15.132</b>	<b>1.862</b>	<b>1.527</b>	<b>4.560</b>	<b>795</b>	<b>44</b>	<b>151</b>	<b>85</b>
Por red	87.974	79.874	66.639	13.235	1.083	1.430	4.546	783	44	136	78
Por generación propia <sup>(3)</sup>	1.760	1.389	315	1.074	305	37	14	7	-	5	3
No tiene	1.505	952	129	823	474	60	-	5	-	10	4

(<sup>1</sup>) Se refiere a todas las casas no consideradas tipo B.

(<sup>2</sup>) Se refiere a todas las casas que cumplen por lo menos con una de las siguientes condiciones: tienen piso de tierra o ladrillo suelto u otro material (no tienen piso de cerámica, baldosa, mosaico, mármol, madera o alfombrado, cemento o ladrillo fijo) o no tienen provisión de agua por cañería dentro de la vivienda o no disponen de inodoro con descarga de agua.

(<sup>3</sup>) Se refiere a los hogares que cuentan con electricidad por generación propia a motor o por otros medios.

**Nota:** Los datos que aquí se publican surgen del cuestionario ampliado, que se aplicó a una parte de la población. Los valores obtenidos son estimaciones de una muestra y por tanto contemplan el llamado "error muestral".

Para que los usuarios puedan evaluar la precisión de cada una de estas estimaciones se presenta en el Anexo Metodológico una Tabla de Errores Muestrales, junto a ejemplos de cómo debe ser utilizada.

Fuente INDEC Censo Nacional de Población y Viviendas 2010. Cuadro H11-P

## Referencias

[1] Fuente: Atlas Solar Argentino. Secretaria de Energía. Mapa Solar.

<http://www.aldar.com.ar/novedades-atlas-solar.php>

[2] Fuente: Web. Gobierno de Santa Fe. Noticias.

<https://www.santafe.gov.ar/noticias/noticia/218644/> 20 de octubre de 2015.

[3] Web. INTA Informa <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=28333> 5 de Agosto de 2015.

[4] Ministerio de Infraestructura de La Rioja – Gobierno de la Provincia de La Rioja

[5] Fuente: Solar Gis pv Planner <http://solargis.info/pvplanner/>

[6] Fuente 360 Energy <http://www.360energy.com.ar/psf-nonogasta/>

[7] Fuente TANSNOA S.A. <http://www.transnoa.com.ar/index.php>

[8] INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censo – Censo Nacional 2010. Página web: <http://www.censo2010.indec.gov.ar>.

[9] Fernández Salgado, José M<sup>a</sup>. (2010). *Compendio de Energía Solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica (Adaptado al Código Técnico de Edificación y al nuevo RITE)*. Madrid (España). Edición 2010. A. Madrid Vicente, Ediciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España).

[10] López González, Luis María (2000). *“Energía y desarrollo sostenible”*. Vigo, España. N°1.

Gallega de Mecanización S.A.L. Pontevedra, España

Juárez Castelló, Manuel C.- Pernía Espinoza A.V. – Viel, Jorge E.- Nicolás, Ariel G. *“El Mapa Solar de la Comunidad Autónoma de La Rioja y Su Importancia en la Aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE)”* (2009) VI Jornadas Nacionales de Ingeniería Termodinámica. Córdoba, España.

[11] López González, L. M., 2010, *“Ahorro y eficiencia energética en la industria”*. Publicaciones internas de GI-TENECO, Logroño, 2014.

[12] López González, L. M., 2010, *“Ahorro y eficiencia energética”*. Servicio de Publicaciones del Gobierno de La Rioja, Logroño, 2010.

[13] López González, L. M., y Sala Lizarraga, J. M., 2010, *“Inventario y Plan Energético de La Rioja. Puesta al día y revisión”*. Universidad de La Rioja, Logroño, 2010.

[14] ADEME, *“Energy Efficiency Indicators: The European Experience”* ADEME (The French Environment and Energy Control Agency), Paris, France (1.999).

[15] Boyle, G. et al. *« Renewable Energy. Power for a Sustainable Future”*. Oxford University Press, Oxford, (1.996).

# **Energía eólica de baja potencia: Fabricantes de aerogeneradores, el caso argentino y la experiencia internacional**

Camblong, Jorge\*; Ramírez, Oscar; Nicolini, Jorge; Neuman, Marcelo; Fernández, Marcelo; Modai, Enrique; Abrevaya, Claudio

*Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento.  
J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Bs. As. [jcamblon@ungs.edu.ar](mailto:jcamblon@ungs.edu.ar)*

## **RESUMEN.**

Este trabajo tiene por objeto describir la situación de las empresas fabricantes de equipos aerogeneradores de baja potencia en la argentina, previo a la implementación de la ley de fomento a la generación distribuida de energía renovable, sancionada a fines de 2017.

Esta ley, al desregular el sector, promoverá el desarrollo del mercado interno y por ende la demanda de estos equipos con el consiguiente impacto en la generación limpia y la calidad ambiental.

Adicionalmente, se analiza la situación internacional de la fabricación de estos equipos, así como las tecnologías empleadas en su manufactura.

**Palabras Claves:** Aerogeneradores, Energías limpias, Energía eólica.

## **ABSTRACT.**

The purpose of this paper is to describe the situation of low-power wind turbine equipment manufacturing companies in Argentina, prior to the implementation of the Law for the Promotion of Distributed Generation of Renewable Energy, sanctioned at the end of 2017.

This law, by deregulating the sector, will promote the development of the internal market and therefore the demand for these equipment with the consequent impact on clean generation and environmental quality.

Additionally, the international situation of the manufacture of these equipment is analyzed, as well as the technologies used in its manufacture.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La actividad de generación eólica se desarrolla en tres mercados. Dos de ellos son de alta potencia, del orden de 1 a 3 MW, que generan energía para proveer al sistema interconectado. Uno es sobre tierra u “onshore” y el otro es mar adentro u offshore [1].

El tercer sector, las pequeñas turbinas (aerogeneradores de baja potencia) menores a 50 kW son los que analizaremos en este trabajo.

La mayoría de los equipos que se comercializan en Argentina, se utilizan para abastecer energía en viviendas y en emprendimientos productivos aislados de la red eléctrica, o para su aplicación directa sobre algún servicio como el bombeo de agua o la protección catódica en cañerías para prevenir la corrosión.

El objetivo de cualquier sistema de generación eólica es la alimentación de distintos tipos de artefactos eléctricos, y la potencia máxima que un sistema eólico podrá proporcionar dependerá de la velocidad del viento, y de la disponibilidad de un banco de baterías con la capacidad para proveer esa potencia. El factor más relevante en el diseño de un sistema eólico, es la energía que se espera que pueda entregar y si admitirá o no intervalos de interrupción de suministro. Normalmente se puede estimar la cantidad de días seguidos sin viento que puede haber en una zona, del mismo modo que se puede estimar la cantidad de días sin sol.

Los generadores eólicos pueden conectarse en conjunto con otras fuentes de energía formando parte de un sistema híbrido. Por ejemplo, en una zona con alta radiación solar y vientos frecuentes, se puede conectar paneles solares (fotovoltaicos) y generadores eólicos con el objetivo de cubrir las demandas de energía eléctrica en momentos en donde hay sol, pero no viento y viceversa. En el mismo sentido, los generadores eólicos pueden conectarse con grupos eléctricos alimentados con combustibles fósiles, evitando el consumo de estos combustibles en los momentos en que hay viento disponible. De esta manera, si se requiere de energía ininterrumpida es habitual instalar sistemas híbridos como los mencionados.

Así como la energía eólica de gran potencia permite demostrar su viabilidad técnica y económica y puede contribuir de manera creciente al sistema eléctrico nacional, el segmento de la energía eólica de pequeña potencia no se ha desarrollado suficientemente y a consecuencia de esto se está desaprovechando la capacidad de aportar energía renovable de forma distribuida, mediante su integración en entornos urbanos, semi-urbanos, industriales y agrícolas, especialmente asociada a puntos de consumo de la red de distribución.

Los primeros desarrollos considerados propiamente como tecnología eólica de pequeña potencia eran aerogeneradores utilizados para producir electricidad en lugares ventosos y remotos, razón esta última por la que no solían disponer de red eléctrica convencional [2].

Estos equipos se caracterizan por producir solamente una pequeña cantidad de kWh al mes, pero esta aparentemente pequeña contribución energética puede suponer una de las pocas vías de disponer de energía en dichos lugares.

Con el tiempo, este tipo de aerogeneradores han evolucionado y otra de sus aplicaciones hoy en día es la conexión a la red como generación distribuida.

La energía eólica permite producir energía en los mismos lugares de consumo, sin embargo la explotación de la energía eólica en áreas urbanas y semi urbanas ha estado hasta ahora muy limitada por el bajo régimen de vientos, la alta turbulencia, el impacto visual, las vibraciones y el ruido acústico producido por los aerogeneradores existentes.

Los equipos de eje horizontal son más eficientes que los de eje vertical, están más probados, son más económicos y hay variedad de modelos para poder elegir según la necesidad. Sin embargo tienen dificultades para poder soportar las continuas orientaciones y su eficiencia se reduce operando en régimen turbulento.

Los aerogeneradores de eje vertical están siempre orientados a la dirección predominante del viento debido a su simetría, son menos sensibles a las condiciones de alta turbulencia y producen menos vibraciones y nivel de ruido, estas condiciones las hacen ideales para su integración en zonas residenciales, urbanas e incluso en edificios [3].

La ubicación de un aerogenerador de baja potencia para generación distribuida en un área urbana debe estudiarse particularmente ya que las interacciones entre el viento, los edificios y la superficie generan turbulencias que pueden afectar el correcto funcionamiento del equipo. Diferentes investigaciones demuestran las ventajas comparativas en estas circunstancias, que presentan los equipos de eje vertical en relación con aquellos de eje horizontal [4].

Para acceder a un panorama del sector de empresas fabricantes de equipos y componentes requeridos para la generación de energía eólica en Argentina, el equipo de investigación de energías renovables del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento realizó un relevamiento sobre dichas empresas.

Los fabricantes seleccionados y relevados proveen equipos con tecnología de eje horizontal para ser utilizados principalmente en áreas rurales sin conexión a la red.

Se prevé que estos generadores eólicos puedan interconectarse a la red eléctrica domiciliaria, permitiendo de esta manera el doble propósito de: a) autoabastecimiento energético particular y b) aportar a la red energía adicional en forma distribuida. Un avance en este sentido fue la

aprobación y reglamentación de la ley de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energías Renovables sobre fines del año 2017.

Los proveedores relevados en este estudio constituyen el eslabón fundamental para la utilización de energía eólica de baja potencia y reconocen como una oportunidad la adecuada reglamentación e implementación de la generación distribuida de energía a nivel nacional ya que implicaría un crecimiento en la incorporación de la energía eólica en el uso doméstico.

Los fabricantes locales ante la posibilidad cercana de la utilización de la energía eólica de baja potencia en un sistema de generación distribuida, reconocen exigirá un mayor desarrollo y actualización de sus productos e instalaciones para poder ser competitivos frente a los equipos importados.

Con el objeto de poder realizar un estudio que permita comparar, el estado de situación de los fabricantes y las potencialidades de desarrollo de estos, se realizó una investigación sobre experiencias internacionales, lo que permitió obtener una conclusión más abarcativa.

## **2. METODOLOGÍA.**

La metodología utilizada para el relevamiento fue variada dependiendo de los datos e información necesaria.

### **2.1. Recolección de información primaria a través del método de Estudio de Casos.**

Debido al tipo de relevamiento planificado el equipo de investigación llegó a la conclusión que la metodología de estudio de casos era la técnica más adecuada para esta primera etapa [5,6].

Las empresas seleccionadas para la recolección de información fueron aquellas relevadas a partir de la encuesta en el marco del Proyecto de Vinculación y Transferencia Tecnológica: Energía Eólica - Proveedores (UNGS, Instituto de Industria - Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima - CAMMESA).

El instrumento de relevamiento elegido para el trabajo de campo fue una guía de preguntas semi-estructuradas para la realización de entrevistas en profundidad. Los informantes clave fueron los dueños, responsables de la empresa y/o personal de los sectores de la firma involucrados con el proceso en estudio. El resultado que se previó para esta etapa fue el de responder a las preguntas del proyecto, y caracterizar la transformación considerando un estado inicial, los efectos producidos en los sistemas de dirección, comercialización, organización industrial, producción, información y recursos humanos.

### **2.2. Realización de una muestra extendida a otras empresas fabricantes de equipos del sector en estudio.**

En esta segunda etapa se buscó dar una mayor cobertura a la investigación, en línea con ello, en esta etapa se reformularon las preguntas de la investigación de acuerdo con el análisis de los resultados del estudio de casos efectuados en la etapa anterior a los efectos de poder contar con información adicional sobre un conjunto de empresas fabricantes de bienes de capital.

### **2.3. Experiencia internacional.**

Para el caso del relevamiento internacional, se siguió la metodología sugerida para la investigación de archivos existentes, con gran similitud a la información histórica.

Con la información relevada, el equipo procedió al análisis que se describirá en este trabajo.

## **3. GENERADORES DE BAJA POTENCIA, EL CASO ARGENTINO.**

Luego de las planificaciones correspondientes y de la realización de un modelo de encuesta, se efectuó un relevamiento personalizado en las empresas nacionales fabricantes de equipamiento para la generación de energía eólica de baja potencia. La fuente principal para contactar dichas empresas fue un listado del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). El INTI trabaja regularmente con el conjunto de empresas nacionales en temas técnicos relacionados con la certificación de los equipos, para ello montó un laboratorio de medición de equipos y sistemas de generación eólica en Cutral Co, provincia de Neuquén. El equipo de investigación también visitó y entrevistó al responsable del área.

Se han podido entrevistar a quince empresas de las veinte firmas relevadas originalmente por el INTI. Las causas por las cuales aquellas empresas no han podido ser relevadas fueron: a) por ser proveedor de equipos sólo de alta potencia, b) no han querido participar del estudio c) no se dedican más a la fabricación de generadores eólicos.

A continuación se reproducen los problemas comunes que surgieron de los diagnósticos realizados a cada una de las empresas.

De las entrevistas se pueden destacar tres circunstancias que los entrevistados manifiestan con mayor frecuencia como obstáculos para el desarrollo del sector. Estas son: (i) la falta de

financiamiento de la demanda potencial, (ii) la legislación vigente en la mayoría del territorio nacional principalmente en referencia a la desregulación, y (iii) la falta de personal técnico idóneo. La primera fue la más enunciada por los fabricantes nacionales. Se aludía que los equipos implican una fuerte inversión por parte de cliente/usuario y que en general eran particulares alejados de las zonas urbanas. Esta inversión representaba un obstáculo para la venta de generadores eólicos de baja potencia, que las pequeñas y medianas empresas nacionales no estaban en condiciones de sortear debido a su escasa capacidad financiera que les impedía financiar la venta de sus equipos.

En relación a la legislación, la mayor mención tuvo que ver con la regulación que no permitía la venta de energía a la red por parte de los propietarios de aerogeneradores.

En relación al personal técnico, si bien la mayoría de los entrevistados ha manifestado que es dificultoso encontrar personal adecuado, el énfasis fue puesto en la falta de una red de técnicos habilitados específicamente para la instalación y mantenimiento de los equipos.

Tanto en las preguntas abiertas como en los comentarios realizados, existió un deseo por parte de los encuestados en recibir algún tipo de ayuda financiera, tanto sea para ellos como así también para los clientes generadores.

Con algunas excepciones se observó la necesidad de una profesionalización de la gestión de las empresas, tanto en su sistema de comercialización, como producción, calidad y post venta.

De la misma manera, habían puesto de manifiesto que el anhelo era la inducción a un sistema de micro generación, es decir que no solo fueran pensados estos sistemas para solucionar problemas o abastecimientos energéticos para quienes no recibieran energía de la red de distribución (demanda no conectada), sino que sirviera también para aquellos que teniendo abastecimiento puedan aprovechar el sistema eólico y/o solar para utilizar esta energía cuando la necesiten e inyectar al sistema cuando les sobre y demandar del sistema tradicional cuando su propio sistema no le sea suficiente; para que ello ocurra, es necesaria la existencia de una ley de generación distribuida.

Las empresas relevadas en este estudio constituyen el eslabón fundamental para la utilización de energía eólica de baja potencia y reconocen como una oportunidad la puesta en marcha de la Ley de Generación Distribuida ya que implicaría un crecimiento en la incorporación de la energía eólica en el uso doméstico.

La Ley finalmente fue aprobada el 30 de Noviembre de 2017, el proyecto fue impulsado por los diputados, Juan Carlos Villalonga (Cambios), Luis Bardeggia (Frente Para la Victoria), Néstor Tomassi (Bloque Justicialista), Gustavo Bevilacqua, del bloque Federal Unidos por una Nueva Argentina y Jorge Taboada, de Chubut Somos Todos.

El análisis del proceso de diseño y aprobación de la Ley de Generación Distribuida requirió de una entrevista personal con el Diputado Juan Carlos Villalonga integrante de la Comisión de Energía y de Combustibles de la Cámara de Diputados de la Nación y autor de diversas publicaciones sobre energía eólica de baja potencia [7].

La Ley permitirá habilitar a usuarios residenciales y pymes a generar su propia energía obtenida de equipos de energías renovables de baja potencia, lo cual se aplicará a todo el territorio nacional, además también contempla la posibilidad de inyectar a la red de distribución el excedente de energía. Desde el Ministerio de Energía de la Nación, se anuncia que la reglamentación de la ley se realizará durante el primer semestre del año 2018.

La Ley define un conjunto de herramientas e instrumentos entre ellos el FANSIGED y el FODIS para la promoción de la generación distribuida siendo la autoridad de aplicación el Ministerio de Energía, quien reglamentará y establecerá los mecanismos para la implementación.

En el Artículo 16 se fija la creación del Fondo Fiduciario Público, denominado "Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables" (FODIS), que "tendrá por objeto la aplicación de los bienes fideicomitidos al otorgamiento de préstamos, incentivos, garantías, la realización de aportes de capital y adquisición de otros instrumentos financieros, todos ellos destinados a la implementación de sistemas de generación distribuida a partir de fuentes renovables".

El Artículo 32 de la ley plantea la creación del Régimen de Fomento para la Fabricación Nacional de Sistemas, equipos e Insumos para Generación Distribuida a partir de fuentes renovables, denominado "FANSIGED".

Este Régimen es de aplicación en todo el territorio de la Argentina y tendrá vigencia por diez años a partir de la sanción de ley y podrán adherir las Micro, Pequeñas y Medianas empresas radicadas en el país.

Para finalizar también surgió de las empresas la posibilidad que se desarrollen pequeños proyectos de parques de generación de mediana potencia con equipos que varios de los proveedores han o están desarrollando.

#### 4. SITUACIÓN INTERNACIONAL DEL MERCADO DE AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA.

De acuerdo con el informe de la World Wind Energy Association (WWEA) referido a la situación de la industria de baja potencia (Small Wind Report, 2017) [8] se confirma un crecimiento dinámico en el mercado mundial de aerogeneradores de baja potencia, habiéndose alcanzado la capacidad total de 948 MW instalados a fines del año 2015. Esta cifra representa un 14% de incremento respecto a la capacidad de 830 MW registrada en el año 2014.

China representa el 44% de la capacidad total seguida por Estados Unidos (25%) y Gran Bretaña (15%).

Respecto a la cantidad de equipos de baja potencia instalados, a fines del año 2015 se registran un total acumulado de 990000 aerogeneradores. Cifra que representa un 5% de incremento respecto al año anterior (944000 unidades). Existen mercados importantes, como el de India, que no tienen cantidades informadas y la WWEA estima una cantidad total de 1000000 de unidades instaladas en el mundo.

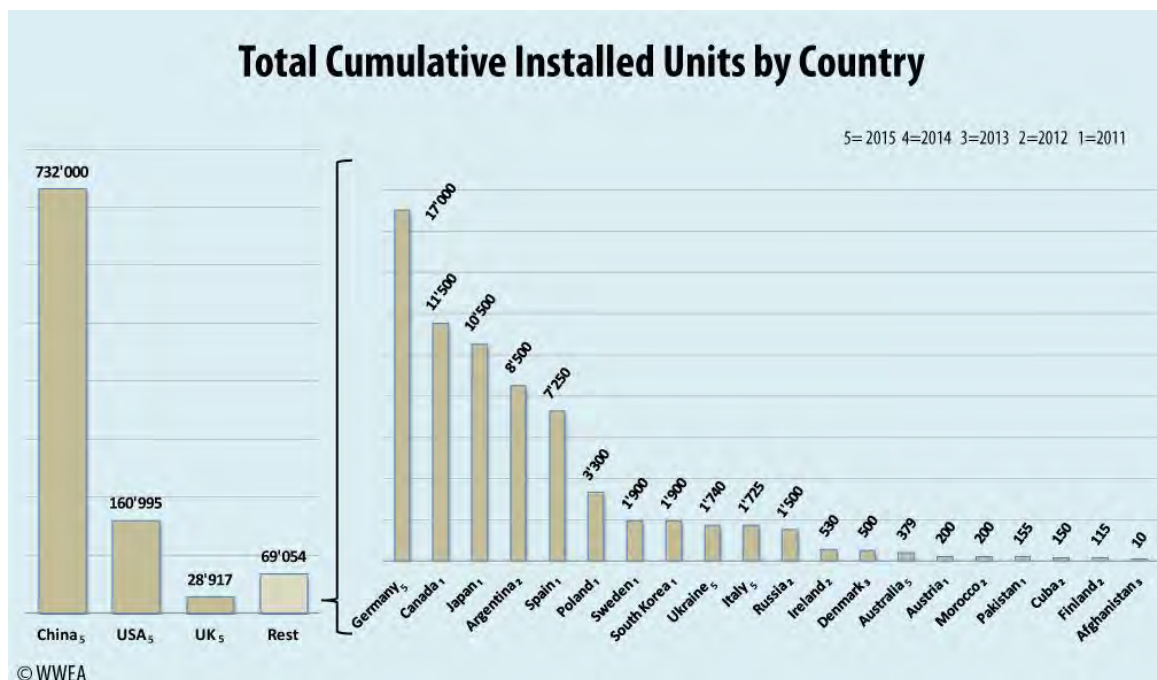


Figura 1 Total de unidades instaladas por país. Fuente: WWEA (World Wind Energy Association) (2017)[8].

De acuerdo al relevamiento, China lidera el mercado en lo que se refiere a unidades instaladas (43000 equipos incorporados en el año 2015), alcanzando un total de 732000 unidades instaladas a fines del año 2015. El mercado chino representa un 74% del mercado mundial en términos de equipos instalados, de los cuales la mayor parte siguen generando electricidad si se considera que este mercado comienza a desarrollarse en dicho país desde comienzos de los años 80.

Estados Unidos ocupa el segundo lugar con un total de 165000 unidades instaladas, muy por detrás de China pero con una posición destacada en comparación con otros países con mercados de tamaño medios.

De acuerdo a WWEA, países como Alemania, Canadá, Japón y Argentina son considerados mercados de tamaño medio con un total de aerogeneradores instalados entre 7000 y 14500 unidades.

La Figura 1 señala a la Argentina con un total de 8500 unidades instaladas según datos informados del año 2012.

Según WWEA se espera un crecimiento del mercado en los próximos años con un crecimiento anual estimado del 12 %. La proyección es de 270 MW de nueva capacidad instalada para el año 2020 y una capacidad instalada acumulada aproximada a 1.9 GW para ese mismo año.

Con referencia a los fabricantes de aerogeneradores de pequeña potencia, se relevan más de 330 empresas distribuidas en 40 países de todo el mundo que ofrecen sistemas completos (diseño, fabricación y comercialización de los equipos) y otras 300 empresas proveedoras de componentes, tecnología, consultoría y servicios de venta para la industria eólica de pequeña potencia.

La mayoría de los fabricantes son pequeñas y medianas empresas y más de la mitad de las firmas se encuentran ubicadas en cinco países (China, Estados Unidos, Alemania, Canadá y Gran Bretaña).

Respecto a la tecnología empleada, los equipos de eje horizontal siguen prevaleciendo en el mercado, de acuerdo a estudios realizados sobre 327 empresas a fines del año 2011. El 74 % de los fabricantes ofrecía equipos con eje horizontal mientras que solo un 18 % había adoptado la tecnología de eje vertical. Un 6% de los fabricantes relevados ofrecían ambas tecnologías.

Los aerogeneradores de eje vertical fueron introducidos hace poco tiempo (entre 5 y 7 años) de allí que su cuota de mercado es comparativamente menor a la tecnología de eje horizontal.

Con respecto a las principales aplicaciones, el reporte de la WVEA releva un aumento en la tendencia a la utilización de aerogeneradores de baja potencia para sistemas distribuidos pero el principal mercado sigue siendo la provisión de energía a lugares aislados de la red eléctrica convencional.

El 80% de los fabricantes dedican su producción a equipos para ser instalados en forma aislada. Tal es el caso de China con un 90% de sus unidades fuera de la red (año 2009). Igualmente Estados Unidos tiene la mayor parte de sus equipos instalados fuera de la red.

En este sentido la WVEA concluye que la provisión de aerogeneradores de baja potencia en aquellos lugares sin acceso a la energía eléctrica convencional seguirá teniendo un rol predominante en el desarrollo de este sector.

## **5. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y EL IMPACTO DE LAS LEGISLACIONES.**

El equipo de investigación ha relevado en la literatura, información sobre dos países que han prestado atención especial al desarrollo de energías renovables de baja potencia que son España y Uruguay. No son los únicos dos casos, ya que una afirmación de esta naturaleza requeriría un enfoque más exhaustivo que el realizado hasta el momento. Sin embargo, podríamos decir que los casos de fomento a la energía no renovable de baja potencia, y en especial a la eólica son pocos, desde ya mucho menores que los programas de fomento a la energía renovable de alta potencia.

En España la generación distribuida se enmarca dentro de un régimen especial que nace con una ley de 1980. Esta ley tiene un elemento esencial, el derecho a vender la energía excedente a la red a un precio definido reglamentado. Desde entonces ha habido varias normativas que promovieron esta industria, siendo fundamental el Decreto Real del año 2004 que considera régimen especial las instalaciones generadoras que no superen los 50MW de potencia. En el caso de la energía eólica, se le permite vender toda su energía a la red y no solamente la excedente a una tarifa regulada si se realiza a la distribuidora más cercana o en forma libre al mercado al precio del mercado o al convenido con el comprador. Esta normativa ha logrado que el mercado de energía distribuida en España se haya desarrollado logrando un nivel de prestación interesante. Uruguay se suele presentar como un país pionero en el caso de la energía distribuida. En el año 2010 se habilita la posibilidad para que cualquier usuario pueda generar energía eléctrica a partir de fuentes renovables y comercializar sus excedentes a la Administración Nacional de Turbinas y Transmisiones Eléctricas (UTE). La UTE se obliga por diez años a comprar la energía al mismo precio que le cobra al usuario. De todas formas, en Uruguay la energía eléctrica llega por red al 99% de la población, con lo cual el mercado de generación distribuida se remite a algunas pequeñas poblaciones alejadas de la red.

Considerando el fomento de la energía renovable en sentido amplio, es decir incluyendo alta potencia, existen una serie de instrumentos que han sido utilizados por ciertos países hoy líderes en este tipo de energía, ya sea desde el punto de vista de su generación como en la fabricación del equipamiento necesario para fabricarlos. Entre estos podemos mencionar Alemania, Dinamarca, Estados Unidos y China entre otros.

Dos son los instrumentos de políticas fundamentales para desarrollar un mercado de energía renovables estable a largo plazo y que complementariamente se implementan con el apoyo de políticas específicas de desarrollo industrial que fomentan el desarrollo tecnológico de equipo local de generación de energía no renovable a saber:

### **El Feed-in-Tariffs**

El instrumento más difundido y el que mayoritariamente se ha utilizado para promover la generación de energía eólica ha sido el llamado Feed-in-Tariffs (FIT) que consiste permitir tarifas diferenciales a quienes generen energías renovables, estas tarifas son mayores a las tarifas que derivan de los métodos convencionales de generación energética. Los precios superiores de las tarifas se mantienen por un tiempo largo y luego la tarifa va descendiendo para que los fabricantes de equipos se enfoquen en la reducción de costos mediante la mejora tecnológica de los equipos.

### **FIT más políticas locales**

Los países que aspiran al desarrollo industrial y tecnológico combinan la política FIT con políticas de contenido local. Estas políticas reservan parte del mercado que genera la FIT para la industria local. Aun cuando la industria local no esté en condiciones de proveer parte de lo que se requiera, se suelen generar programas de apoyo financieros y de transferencia de tecnología que les permitan acceder a una parte del mercado.



Otros mecanismos que promueven las políticas de contenido local se vinculan con el desarrollo de componentes de fabricación nacional que puedan integrarse a las turbinas que vengan del exterior como parte de un programa planificación, bien coordinado e implementado. En los casos que el mercado de energía eólica que se genere tenga un tamaño interesante, también se suele apoyar e incentivar la instalación de plantas de ensamble y aun de fabricación de equipos de las empresas extranjeras en los países que están promoviendo la generación de energías no renovables.

Otras políticas que promuevan el desarrollo de la energía renovable y la industria asociada, que no son exclusivas de este sector, se relacionan con los incentivos financieros y fiscales, impuestos aduaneros favorables y licitaciones gubernamentales que requieran que las industrias locales se asocien con empresas internacionales para favorecer la transferencia de tecnología. Estos mecanismos que han sido utilizados por varios países que han fomentado la energía eólica como así también la industria de equipamiento asociada a esta.

## 6. CONCLUSIONES.

En relación a las conclusiones generales las sintetizamos de acuerdo a los siguientes ejes, de acuerdo a como surgieron a lo largo de la investigación:

- a. Estado de situación de los fabricantes de equipos de generación eólica de baja potencia.
- b. La ley de generación distribuida
- c. La experiencia internacional

Para el primer caso, el grupo de investigación detecta un mercado pequeño, que generalmente toma al mercado eólico como complementario de otra actividad principal que desarrolla la organización, con alto Know How pero baja potencialidad de fabricación (a corto plazo) en la mayoría de los casos. Escaso poder de financiamiento y baja capacidad de comercialización. Otro aspecto que emergió de la investigación fue la dificultad para encontrar en el mercado el personal técnico calificado para desarrollar la actividad de mantenimiento principalmente.

En relación a la Ley de generación distribuida, fruto del consenso de varios actores que componen el área de energías renovables, se promulgó el proyecto trabajado durante el año 2017, planteando un alentador panorama con incentivos y programas, que era un claro reclamo de los fabricantes y demandantes de este tipo de energía y equipamiento.

En cuanto a la experiencia internacional, encontramos que Argentina se encuentra recorriendo similares caminos a los transitados por otros países, con un presente relevante, con condiciones de potencialidad que prevén un futuro auspicioso de reglamentarse adecuadamente la ley ya promulgada.

## 7. REFERENCIAS.

- [1] PRONAPTEC, Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica. (2016). "Prospectiva tecnológica al 2025 del complejo industrial de bienes de capital", *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva*. Buenos Aires, Argentina.
- [2] FENERCOM, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2012). "Guía sobre Tecnología Mini eólica". Madrid, España.
- [3] Kumar, Yogesh y otros. (2016). "Wind energy: Trends and enabling technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volumen 53, páginas 209-224. [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com).
- [4] Lee, Kung Yen y otros. (2018). "Influence of the vertical wind and wind direction on the power output of a small vertical-axis wind turbine installed on the rooftop of a building". *Applied Energy*. Volumen 209, páginas 383-391. [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com).
- [5] Yin, Robert K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*. Tercera Edición. Sage Publications.
- [6] Yin, Robert K. (2003). *Applications of Case Study Research*. Segunda Edición. Sage Publications.
- [7] Villalonga J. C. (2013). "Energías renovables: ¿por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?". Fundación AVINA, Primera edición. CABA.
- [8] WWEA (World Wind Energy Association). (2017). "Small Wind World Report Summary". [www.wwindea.org](http://www.wwindea.org)

# Gestión de la calidad en una Empresa Social

Cavallin, Antonella; López Nancy B.; Gallegos Franco; Rodríguez Florencia

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.*

*Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina.*

[antonella.cavallin@uns.edu.ar](mailto:antonella.cavallin@uns.edu.ar) - [nblopez@uns.edu.ar](mailto:nblopez@uns.edu.ar) - [francogallegos1@gmail.com](mailto:francogallegos1@gmail.com) –  
[florencia.rodriguez@uns.edu.ar](mailto:florencia.rodriguez@uns.edu.ar)

## RESUMEN

*IncluSer* es una Empresa Social que brinda servicio de catering cuyo staff de mozos está compuesto por personas con discapacidad intelectual de la ciudad de Bahía Blanca. A partir del diagnóstico organizacional realizado por la empresa social *Libertate*, *IncluSer* elaboró un plan de acción para abordar los principales puntos críticos identificados. Las oportunidades de mejora sobre las que se enfoca el artículo son la falta de indicadores de desempeño de los procesos internos, la falta de medición del grado de satisfacción de los clientes y la ineficiente gestión del stock de insumos. Las metodologías y herramientas de la gestión de la calidad utilizadas son la definición de procesos e indicadores de desempeño, 5S, gestión de stocks y encuesta SERVQUAL.

Este trabajo se desarrolla en el contexto de una tesis final de carrera de un alumno de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional del Sur, con la asesoría de dos profesoras de la asignatura Gestión Total de la Calidad, junto a personal de *Incluser*.

Las soluciones demuestran un aporte a la mejora y agilidad en la toma de decisiones por parte de los responsables de *IncluSer*, debido a la generación de evidencia objetiva (indicadores de desempeño de los procesos) y al conocimiento y seguimiento del stock existente. Asimismo, poco a poco, *IncluSer* está obteniendo un conocimiento más fehaciente de los clientes, referido a sus expectativas y percepción acerca del servicio que ofrecen.

Por otro lado, se pone en juego el paradigma de la mejora continua en una empresa social, donde el objetivo primario no es el económico, sino satisfacer una necesidad social.

**Palabras Claves:** Gestión de la calidad, Empresa Social, Empresa de Servicio.

## ABSTRACT

*IncluSer* is a Social Enterprise that provides a catering service whose staff of waiters is composed of people with intellectual disabilities from Bahía Blanca city. Based on the organizational diagnosis carried out by the social enterprise *Libertate*, *IncluSer* developed an action plan to address the main critical points identified. The aforementioned critical points on which the article focuses are the lack of internal processes' performance indicators, the lack of measurement of customer's satisfaction degree and the inefficient stock management. The methodologies and tools used in this case are Processes' identification and key performance indicators' definition, 5'S, stock management and SERVQUAL Survey.

This work is developed in the context of an Industrial Engineering student's final career thesis from Universidad Nacional del Sur, with advisory of two professors of the subject Gestión Total de la Calidad, together with staff of *Incluser*.

The implemented solutions demonstrate to contribute to the improvement and agility in decision-making by those responsible for *IncluSer*, due to the generation of objective evidence (processes' performance indicators) and the knowledge and monitoring of the existing stock. Likewise, little by little, *IncluSer* is getting a more reliable knowledge of clients, referring to their expectations and perception about the service they provide.

On the other hand, it's being put the paradigm of continuous improvement into play in a social enterprise, where the primary objective is not economic but to satisfy a social need.

## 1. INTRODUCCIÓN

*IncluSer*, es un emprendimiento social de pequeño catering que brinda servicio de *coffee break*, *lunch*, ágape, refrigerio y servicio de mozos de eventos, cuyo staff de mozos está integrado completamente por Personas con Discapacidad Intelectual (PcDI). Una empresa social no es ni una organización social utilizando herramientas de mercado para ser sostenible, ni una empresa con impacto social, sino que implica una nueva manera de hacer negocios, con elementos que lo hacen esencialmente diferente de un negocio tradicional. Se basa en los principios de la Economía Social y la diferencia está marcada por la misión: el beneficio social, la inclusión y la apertura de nuevas oportunidades es la razón de ser de la empresa social, y la generación de excedentes económicos, un medio para conseguirlo [1]. Esto incide directamente en su forma de gobierno, en su cadena productiva, en su relación con todos los grupos afectados por ello, en cómo define sus precios y en su manera de distribuir sus excedentes. Asimismo, influye en los procesos de toma de decisión y de distribución de poder, en la manera de ejercer el liderazgo y la formación de equipos cobra una nueva dimensión. Algunos van más allá y promueven, incluso, una nueva conciencia de consumo.

A fines de 2017, *IncluSer* recibió un asesoramiento por parte de *Libertate*, en el cual se realizó un diagnóstico organizacional enfocado en las diferentes dimensiones como Servicio (insumos, bienes de uso, gestión del servicio), Equipo (staff de mozos/as y equipo de gestión), Administración y finanzas (ventas, pagos, registros), Comercial (canales de comunicación, plan comercial). *Libertate* es una empresa social, radicada en la ciudad de Buenos Aires, que ofrece capacitación y asesoría para la creación y fortalecimiento de emprendimientos que generan trabajo para trabajadores/as con discapacidad, enfocados en la mirada organizacional. A partir del asesoramiento mencionado, se elaboró un plan de acción teniendo en cuenta los requisitos de la norma ISO 9001:2015 para sistemas de gestión de la calidad para abordar los principales puntos críticos identificados, identificando los desafíos a corto, mediano y largo plazo.

El trabajo de mejora interna de *IncluSer* se desarrolla en el contexto de una Tesis Final de Grado de un alumno de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional del Sur, con la asesoría de dos profesoras de la cátedra de Gestión Total de la Calidad junto a personal de *IncluSer*. El presente artículo se divide en 5 secciones fundamentales. En la primera se detalla la situación de *IncluSer* a Noviembre de 2017, referida a las oportunidades de mejora sobre las que se enfoca el artículo, estas son: falta de indicadores de desempeño de los procesos internos, falta de medición del grado de satisfacción de los clientes y falta de orden e ineficiente gestión de los insumos en inventario. Posteriormente, se explican las estrategias de mejora elegidas para abordar dichas cuestiones y en la sección siguiente se muestran los resultados y conclusiones obtenidas.

## 2. SITUACIÓN DE PARTIDA

El análisis realizado por *Libertate* en Noviembre de 2017 registró, en líneas generales, que *IncluSer* se encuentra en un momento de crecimiento el cual le genera desafíos de gestión. Tiene un staff de mozos/as estable, una pequeña cartera de clientes recurrentes y un posicionamiento creciente en la ciudad, lo cual le permitiría generar alianzas estratégicas. En la Tabla 1 se muestra el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) realizado a partir del estudio de *Libertate*. De las debilidades identificadas, se procede a explicar aquellas que son foco del presente trabajo.

### 2.1 Falta de orden y gestión en el depósito de elementos y stocks

*IncluSer* cuenta con un depósito donde puede almacenar insumos como descartables, azúcar, café, edulcorantes, té, cereales, entre otros y guardar los elementos propios de los eventos como cafeteras, manteles, vajilla, copas, etc. Conforme la cantidad de eventos fue en aumento, así como la magnitud de los mismos, la cantidad de insumos y elementos creció de igual forma. Sin embargo, nunca se planteó una estrategia para gestionar el orden, limpieza y administración de cantidades de los mismos. Esto resultó en que, en muchas ocasiones, se pierda tiempo buscando elementos, se tengan que realizar compras a último momento, se dobleguen los trabajos de compras, se venzan los insumos o se encuentren elementos sin la adecuada limpieza. Afortunadamente, ninguna de dichas situaciones significó la pérdida de un cliente, pero sí influyó en la disminución de la calidad de algunos servicios o simplemente, en el aumento del costo del mismo.

### 2.2 Falta de definición de procesos e indicadores internos.

Dado que las responsabilidades de las impulsoras y creadoras de *IncluSer* siempre fueron asumidas con mucha responsabilidad pero de manera voluntaria (sin un salario asignado), la

mayoría de las actividades de gestión fueron divididas en dos o más personas para aumentar la probabilidad de que siempre haya alguien con disponibilidad de tiempo para encargarse de cada cuestión. Es decir, cada una de las coordinadoras, además de trabajar para *IncluSer*, trabaja en otros lugares, a partir de los cuales, reciben sus sustentos económicos más fuertes. Por este motivo, nunca hubo una clara definición de la mayoría de los roles, puestos de trabajo y procedimientos. En consecuencia, tampoco se determinaron los indicadores de control y seguimiento necesarios. Esto ha resultado en el retraso y acumulación de tareas, así como en una gran desorganización de la información, lo que significa gran pérdida de tiempo o directamente, pérdida de datos necesarios para tomar decisiones. Por ejemplo, no se sabía con exactitud cuántos servicios se habían realizado desde los comienzos de *IncluSer*, ni cuál era el promedio de servicios por mes, sólo había algunas estimaciones. Asimismo, no se llevaba un registro de la medida en la que se estaba cumpliendo o no con el objetivo social de la empresa, es decir, qué cantidad de oportunidades de empleo (en horas trabajadas) estaban realizando las personas con discapacidad pertenecientes a *IncluSer*.

Por otro lado, algunas actividades como la liquidación de los sueldos del mes, se realizaban a partir del registro en cuadernos, más varias planillas de Excel online, que sólo la persona que la había realizado entendía. En muchas ocasiones, los sueldos mensuales tenían errores y otras veces, se retrasaba el pago varias semanas.

### 2.3 Falta de medición del grado de satisfacción del cliente.

Si bien en los comienzos de *IncluSer*, se desarrolló un formulario de Google para realizar una pequeña encuesta de satisfacción a los clientes luego del servicio recibido, sólo en 2 ocasiones la misma fue enviada por email al cliente. Claramente, esta función no fue específicamente asignada a alguna persona y por ende nunca llegó a tener continuidad.

Tabla 1. Análisis FODA de la situación *IncluSer* en Noviembre de 2017

Staff de mozos comprometidos y con ganas de aprender y trabajar	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	Única empresa inclusiva del rubro de servicio de catering
Equipo de trabajo interdisciplinario y fuertemente comprometido con la causa social.			Red de contactos con docentes de la UNS y acceso al programa de PPS
Proceso "Organización de evento" bien desarrollado			IncluSer es tenida en cuenta por grandes empresas de Bahía Blanca
Continua capacitación de los mozos			Buena imagen de IncluSer
Diversificación del servicio y de los productos utilizados			Participación en jornadas académicas y empresariales para difusión de IncluSer y del Emprendedurismo Social
Equipo bien predispuesto al cambio			Gran cantidad de potenciales clientes en la ciudad
Red de contactos de organizaciones que trabajan sobre discapacidad y emprendedurismo social			Existencia de una amplia red de proveedores locales alineados a la misión de nuestra empresa (talleres protegidos)
Servicio de excelente calidad			Las compras inclusivas comienzan a ser políticas de sustentabilidad y no una moda de Responsabilidad Social Empresarial (RSE).
Posibilidad de realizar eventos en simultáneo			
No hay Base de datos de clientes	DEBILIDADES	AMENAZAS	Ausencia de legislación en materia de emprendimientos sociales.
Baja actividad en las redes sociales			Competencia con muchos años de trayectoria y reconocidas en la ciudad
Falta de coordinadores de eventos			Demanda irregular
Falta de coordinador general, no hay una dirección estratégica clara			Inflación; obliga a alzar los precios
Falta de metas y objetivos de área			Hay un alto porcentaje de personas que posee una percepción mal concebida sobre los trabajadores con discapacidad
Falta de orden y gestión en el depósito de elementos y stocks.			
No hay definición de procesos ni indicadores			
Falta de seguimiento en muchas tareas			
No hay integración y orden de la información			
No hay medición del grado de satisfacción del cliente			

### 3. ESTRATEGIAS DE MEJORA CONTINUA A IMPLEMENTAR

A partir de las debilidades mencionadas en la sección anterior, a continuación se explican las estrategias de mejora continua elegidas para minimizarlas o mitigarlas.

### 3.1 Metodología 5S

La metodología de las 5S comienza en la empresa Toyota en los años 60, donde fue desarrollada por Hiroyuki Hirano, con el objetivo de obtener lugares de trabajo más ordenados, limpios y organizados [2]. El nombre del método, deriva de las iniciales de las palabras en japonés:

- 整理, *Seiri*, **Clasificación**. Separar elementos innecesarios, eliminar lo que no es útil;
- 整頓, *Seiton*, **Orden**. Situar elementos necesarios, organizar el espacio de trabajo eficazmente;
- 清掃, *Seiso*, **Limpieza**. Eliminar la suciedad, mejorando la limpieza;
- 清潔, *Seiketsu*, **Estandarización**. Señalizar anomalías, prevenir que aparezca desorden y suciedad;
- 躰, *Shitsuke*, **Disciplina**. Mejorar, fomentar esfuerzos para mejorar.

En su implementación, los primeros pasos constan de un relevo de información sobre la situación actual de la empresa, del área, o del proceso que se requiera evaluar, así como de su cultura laboral [3]. Posteriormente se analizan todos los factores correspondientes, para poder evaluar sus falencias y desperfectos que ocurren en cada uno de ellos. Finalmente, se implementan los 5 pilares de la metodología, de modo que se logre desarrollar una serie de indicadores que, al ser evaluados, contribuyan a la generación de propuestas de mejora, y su respectiva implementación, integrándose al sistema de gestión de calidad de la empresa. La meta es desarrollar un sistema de control preventivo y continuo sobre las actividades y procesos de la empresa, convirtiéndose así en una guía que marque los lineamientos a seguir para alcanzar los objetivos deseados [4].

#### 3.2 Indicadores de gestión

Luego del estudio de diagnóstico realizado se plantea, como una mejora indispensable a realizar, la implementación de indicadores de gestión para medir el desempeño de los procesos y la toma de decisiones basada en la evidencia, tal como se plantea en uno de los principios de la gestión de la calidad en la Norma ISO 9000:2015. Los Indicadores de Gestión son índices que representan o miden el grado de avance o cumplimiento de un objetivo, proceso o actividad para un periodo determinado. Un indicador es una señal, un aviso que entrega información acerca de un objetivo. Una de las ventajas de utilizar indicadores es la objetividad y comparabilidad ya que representan un lenguaje común que facilita una medida estandarizada. Asimismo, son herramientas útiles porque permiten valorar diferentes magnitudes como, por ejemplo, el grado de cumplimiento de un objetivo o el grado de satisfacción de un cliente.

La primera acción que se llevó a cabo para comenzar a recolectar información de manera ordenada fue diseñar un formulario de Google Drive (Ver Anexo 8.1) que las personas coordinadoras de cada evento deben completar luego de cada servicio brindado. El mismo se denominó formulario Post-Evento. En el mismo se registran la fecha del evento, lugar, cliente, tipo de servicio, coordinadora, mozos, duración del servicio, persona que realizó el transporte y presupuesto asignado para eso, persona que realizó las compras y presupuesto asignado para ello. Asimismo se establecieron 2 preguntas con el objetivo de autoevaluar la calidad del servicio brindado. Dichas preguntas son las siguientes:

- Calidad del servicio brindado: Autoevaluación de lo que se vio: Excelente, Muy Buena, Buena, Regular, Mala.
- Calidad del trabajo realizado: Autoevaluación de lo que no se vio: Excelente, Muy Buena, Buena, Regular, Mala.

Y por último se dejó un espacio para observaciones de todo tipo como: llegadas tarde, olvidarse de algo, quejas, sugerencias, halagos, etc.

#### 3.3 Encuesta de satisfacción del cliente

El modelo de encuesta utilizado para medir el grado de satisfacción del cliente que ha recibido el servicio brindado por *IncluSer* es el desarrollado por Parasuraman, Zeithaml y Berry (PZB) [5] [6] conocido como "*Modelo de los Gaps*" o "*Modelo de las Deficiencias*", el cual fue utilizado por numerosos trabajos de estudio y análisis de la calidad en distintas empresas de servicios [7] [8] [9] [10]. PZB definen la Calidad del Servicio como la amplitud de la diferencia o discrepancia que existe entre las percepciones y las expectativas del cliente y la indican como Gap 5 dentro del modelo de 5 Gaps que plantean, sobre los desajustes que ocurren dentro de la empresa y que influyen sobre las percepciones que el cliente tiene respecto a la calidad del servicio. Otro de los aportes de dichos investigadores es la identificación de criterios generales o dimensiones de la calidad que los clientes utilizan para juzgar la calidad del servicio. Dichas dimensiones son:

- **Elementos Tangibles:** Apariencia de las instalaciones físicas, equipos, personal y materiales de comunicación.
- **Fiabilidad:** Habilidad para realizar el servicio prometido en forma fiable y precisa.

- **Capacidad de Respuesta:** Disposición y voluntad para ayudar a los usuarios y proporcionar un servicio rápido.
- **Seguridad:** Conocimientos y atención mostrados por los empleados y sus habilidades para inspirar credibilidad y confianza.
- **Empatía:** Atención individualizada que ofrecen las empresas a sus clientes.

La importancia que los clientes conceden a estas dimensiones no es igual para todas ellas. Uno de los aspectos distintivos del modelo de PZB es la identificación de dos niveles para las expectativas del consumidor, es decir el servicio esperado tiene dos componentes:

- Componente de **Servicio deseado:** es el nivel de calidad de servicio que los clientes quieren recibir
- Componente de **Servicio adecuado:** es el nivel de calidad de servicio que los clientes consideran aceptable, es decir, es el nivel de calidad mínimo que exigen.

De acuerdo a esta distinción, se definen:

- **GAP 5A** “*Medida de la superioridad de la calidad del servicio*”, como la comparación entre el servicio deseado y el servicio percibido, y
- **GAP 5B** “*Medida de suficiencia de la calidad del servicio*”, resultante de la comparación del servicio percibido y el adecuado.

El intervalo definido por los dos niveles del servicio esperado es lo que PZB definen como **Zona de Tolerancia**, la cual representa el conjunto de posibles niveles de desempeño en la prestación del servicio que cada cliente considera como satisfactoria. Este concepto resulta de gran utilidad a fin de comprender los aspectos dinámicos de la relación entre el proceso del servicio y el resultado del mismo.

**SERVQUAL** es la herramienta que PZB proponen [11][12] para la medición de la calidad de servicio. Consiste en tres cuestionarios de 22 declaraciones cada uno, que permiten medir las expectativas (servicio deseado y servicio adecuado) y las percepciones de los usuarios respecto a los cinco criterios sobre la calidad. Una escala de 7 puntos, que va de 7 (muy de acuerdo) a 1 (muy en desacuerdo), acompaña a cada declaración. A su vez, contiene una sección destinada a conocer la importancia relativa que cada usuario le asigna a cada dimensión de la calidad del servicio, mediante el ordenamiento por prioridad de dichas dimensiones.

La Calidad del Servicio con **SERVQUAL**, es calculada a partir de la diferencia que existe entre las puntuaciones que asignen los clientes a las distintas parejas de declaraciones (expectativas-percepciones). Específicamente, para cada pareja de declaraciones y para cada cliente, se calcula:

- **GAP 5A** = Servicio Percibido - Servicio Deseado
- **GAP 5B** = Servicio Percibido - Servicio Adecuado

La media ponderada de cada dimensión se calcula teniendo en cuenta la valoración realizada por cada cliente en la sección respectiva. La zona de tolerancia se calcula restando la puntuación media ponderada del servicio adecuado a la del servicio deseado.

## 4. RESULTADOS

A continuación se describen los resultados de la implementación de las estrategias de mejora continua mencionadas en el apartado anterior.

### 4.1 Metodología 5S

Para la evaluación del nivel de la metodología 5S se realizó un cuestionario<sup>1</sup> de auditoría 5S diseñado a partir de los cuestionarios encontrados en la bibliografía y adaptado al contexto de trabajo y servicio de *IncluSer*. El mismo cuenta con 5 secciones (una para cada S) con 10 preguntas de respuesta Si/No valorizadas cada una con 1 punto. Se realizó en primera instancia luego de la asesoría de *Libertate* (Noviembre 2017) y en segunda instancia, 6 meses después, luego de haber aplicado algunas de las mejoras sugeridas en la asesoría. Como puede observarse en los resultados de los cuestionarios mostrados en la Figura 2, el nivel de las 5S en Noviembre de 2017 era muy bajo, apenas 10 puntos sobre 50, con valores prácticamente nulos en todas las secciones, exceptuando Limpieza con 5 puntos.

La adaptación del método de las 5S en *IncluSer* fue un proceso progresivo, que consistió en varias etapas. La *Clasificación* fue la primera parte de la introducción del método 5S en la organización y fue la más importante, ya que marcó el punto de partida para modificar varios procesos e implementar diferentes mejoras en distintas áreas. En primer lugar, se dividieron todos los artículos que la organización posee y que debe llevar a cada evento donde brinda sus servicios en 4 categorías: Insumos, Elementos, Cocina y Decoración. En función de esto, se realizó una *Checklist*, que consiste en una lista con todos los artículos que el encargado de un evento debe llevar al mismo, para proporcionar el servicio requerido por el cliente y que incluye las 4 categorías antes mencionadas. De esta manera, los coordinadores de los eventos, poseen una lista de

<sup>1</sup> Por cuestiones de espacio, el cuestionario de auditoría 5S realizado, no puede mostrarse en el presente trabajo

verificación para asegurar que no olvidan alguno de los artículos que deben transportar hacia el lugar del evento, para ofrecer un servicio de excelencia. Luego, se prosiguió a ordenar el depósito de la organización, de modo que se encuentre en correlación con el orden estipulado en la *Checklist*; así, cualquier persona con la lista de chequeo en mano, puede ingresar en el depósito e ir encontrando los artículos necesarios, en el mismo orden en que se encuentran en la lista. Dicha acción se corresponde con la etapa *Orden* de la metodología 5S. A su vez, se utilizaron rótulos para poder visualizar con mayor velocidad cualquier elemento necesitado y se generó un plan de Limpieza (tercera S) adecuado para el depósito, ya que, la higiene y seguridad del mismo, es primordial tanto para el equipo de *IncluSer*, como para los clientes.

Apuntando a la *Estandarización* (cuarta S), se crearon los procedimientos escritos de los procesos de “Pedido de presupuesto”, “Control de Inventario” y “Organización de Eventos”. En los mismos se describen los procesos y sus respectivos flujogramas y se añade una ficha que contiene el objetivo, alcance, persona encargada, documentación necesaria, proveedores, clientes, necesidades de inspección, variables de control e indicadores del proceso. Dentro del proceso de “Control de Inventario” se especificaron las tareas de mantener el orden y limpieza del depósito de forma de mantener las primeras 3S trabajadas. Asimismo, en este punto, fue abordado el problema de la falta de gestión de inventarios. Para ello, en primer lugar se realizó un análisis ABC para identificar los artículos que tienen un mayor impacto en la relación demanda-costo y a su vez, detectar los productos que necesiten un control de existencia más riguroso. Dicho análisis se realizó sobre los artículos utilizados en el servicio de *Coffee Break* por ser el tipo de evento más frecuente. Como puede observarse en la Figura 1, no se da el típico caso de que el 20% de los artículos acaparan el 80% de los costos, sino que la relación es 44%-77%. Posteriormente se realizó un Análisis de Cantidad Económica de Pedido (EOQ, por sus siglas en inglés) para cada uno de dichos elementos. Dado los bajos costos de almacenamiento y de realización de pedido, así como la relativa baja demanda mensual, el EOQ no ha aportado conclusiones importantes para la determinación de las cantidades mínimas en stock o punto de pedido.

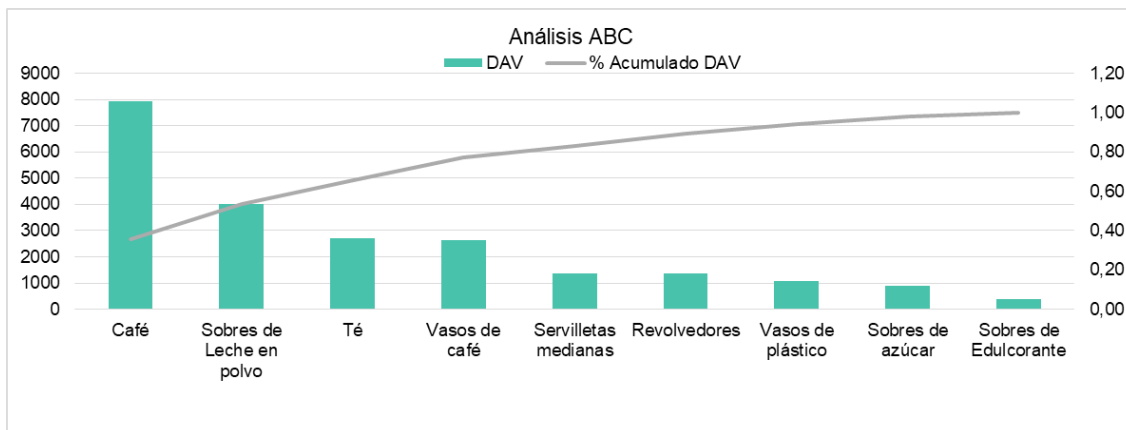


Figura 1. Análisis ABC. DAV: Demanda Anual Valorizada.

Posteriormente, se buscó un software de gestión de stocks que sirviera principalmente para registrar las entradas y salidas de los elementos del depósito a los eventos y viceversa. Una vez seleccionado el programa, se prosiguió a crear un instructivo para su utilización. Al ver que en el software era posible ingresar cada artículo con un código propio, se diseñó un sistema de códigos para agregar todos los artículos al sistema, consistente con las mismas 4 categorías utilizadas en la *Checklist*, con el objetivo de simplificar la identificación y organización de artículos en el software elegido.

El paso final, que no quiere decir que el trabajo haya concluido, es mantener la disciplina (quinta S) con respecto a las modificaciones implementadas. En este sentido, se han comunicado y trabajado todos los cambios y mejoras realizadas entre todo el personal de *IncluSer*, mostrando en cada caso, la importancia de incorporar los cambios orientados a la mejora continua, de modo que *IncluSer* siga creciendo y brindando un servicio cada vez de mayor calidad. Como se dijo anteriormente, en Junio del presente año se realizó la segunda instancia de evaluación del nivel de 5S y se obtuvo el alentador resultado de 30/50 puntos, demostrando una mejora general del 40%, así como una clara mejora en todas las secciones (Figura 3).

**Evaluación 5S - Diciembre 2017**

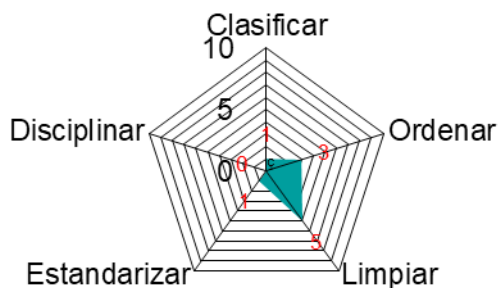


Figura 2. Evaluación 5S en Diciembre de 2017

**Evaluación 5S - Junio 2018**

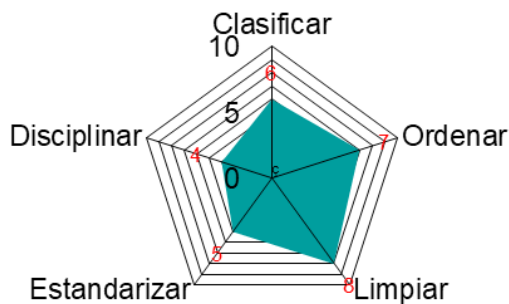


Figura 3. Evaluación 5S en Junio de 2018

#### 4.2 Indicadores de gestión

El formulario de *Google Drive* realizado para recolectar información clave de cada servicio resultó ser de mucha utilidad para identificar indicadores y llevar un seguimiento de los mismos. En primer lugar, agilizó el trabajo de liquidación de sueldos de los mozos y coordinadores ya que en una misma planilla se encontraban todos los datos necesarios por fecha y cantidad de horas trabajadas. En segundo lugar, al comenzarse a registrar quién había sido la persona encargada del transporte al evento y de las compras propias del mismo, se comenzó a contabilizar y pagar el valor asignado a dichos encargados.

Con respecto a los indicadores de gestión obtenidos de las preguntas de autoevaluación, los datos registrados entre Noviembre de 2017 y Septiembre 2018 muestran que la calidad del servicio brindado (lo que se ve) se ha considerado un 25% Buena, 73% Muy Buena y 2% Excelente, sin registrar respuestas de Regular o Mala. En el caso de la calidad del trabajo realizado (lo que no se ve) un 4% fue autoevaluado como Regular, 32% Buena y 64% como Muy Buena.

La gran variedad de observaciones fue dividida en 8 indicadores:

- Errores o faltas en la gestión: se refiere a problemas logísticos, elementos olvidados y errores de horario.
- Falta de coordinadores: si debieron ir más coordinadores al evento.
- Desempeño deficiente de los mozos: observaciones que registran falta de proactividad, dispersión o falta de atención de los mozos en el trabajo.
- Inconvenientes con la comida o bebida: situaciones de error de cálculo con la comida o bebida, ya sea porque fue muy justa la cantidad o porque sobró mucho; y comida comprada que no tenía el aspecto o sabor esperados.
- Imprevistos: situaciones particulares externas a *IncluSer* que resultaron en alguna complicación en el desarrollo del evento, como poco espacio en la cocina, problemas eléctricos, adelanto del horario del servicio, entre otras.
- Buena percepción del cliente: observaciones respecto a una buena devolución del cliente al terminar el evento.
- Buen trabajo de los mozos: anotaciones de que el personal trabajó muy bien.
- Servicio adecuado: observaciones de que el servicio fue brindado de forma adecuada y según lo planeado.

Los registros observados de dichos indicadores se muestran en la Figura 4.



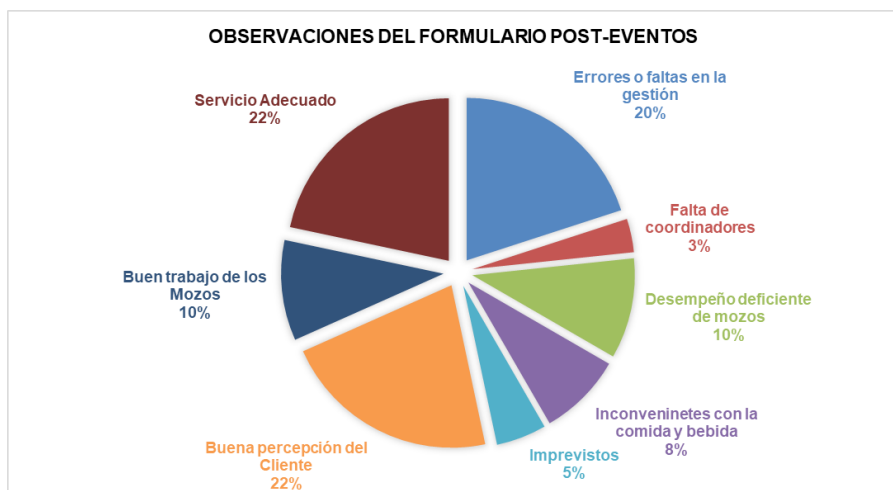


Figura 4. Distribución porcentual de las observaciones registradas en el formulario Post-Eventos

Por otro lado, se realizó un análisis de todas las planillas existentes para recolectar la mayor cantidad de datos posibles y así poder obtener indicadores que muestren la evolución de *IncluSer* desde sus comienzos. De esta forma, se registró que desde Octubre de 2014 a la actualidad, *IncluSer* ha brindado 200 servicios, entre sus variantes de servicio de catering y/o servicio de mozos. En promedio, se registran 3 servicios por mes en temporada baja (Enero – Agosto) y 7 en temporada alta (Septiembre – Diciembre), teniendo en cuenta que la regularidad de los mismos ha ido creciendo con el correr de los años. Dichos servicios significaron un total de 2500 horas de trabajo para el total del plantel de trabajadores con discapacidad intelectual, resultando en aproximadamente 300.000 \$ARS en concepto de honorarios. A partir del uso del mencionado formulario, se pudo obtener dicha información de manera más organizada y en detalle. Desde noviembre de 2017 a Septiembre de 2018 se realizaron 55 servicios, de los cuales, el 54% fueron de Coffee Break, 22% servicios de Lunch y el resto se reparte en pequeños porcentajes entre cenas, ágapes, desayunos, servicio de mozos y viandas. Esto ayuda a la gestión de *IncluSer* a observar sobre qué servicios está mejor posicionado y sobre cuáles debería reforzar sus mecanismos de difusión para recibir más contrataciones de los mismos.

#### 4.3 Realización de la encuesta

Se adaptó el cuestionario SERVQUAL para el caso específico de *IncluSer*. Luego de realizar un primer borrador se fue corrigiendo y mejorando en reiteradas ocasiones, para luego ser chequeado por todas las integrantes de *IncluSer* y por la empresa social *Libertate*. La versión final se muestra en el ANEXO 2 y está estructurada de la siguiente manera:

**SECCION I:** Contiene instrucciones para responder al cuestionario y el cuestionario propiamente dicho. Éste incluye 17 declaraciones utilizadas para medir la calidad del servicio y tres columnas a la derecha de cada declaración correspondientes a cada uno de los aspectos a analizar (servicio deseado, servicio adecuado, servicio percibido). Las 5 dimensiones de la calidad fueron abordadas de la siguiente manera:

- **Elementos Tangibles:** las declaraciones apuntan a evaluar la calidad en la comida y la bebida, la presentación de las mesas y la apariencia de los elementos y el personal.
- **Fiabilidad:** se desea conocer si el servicio cumplió con las condiciones acordadas y si *IncluSer* se ha predispuesto a resolver cualquier inconveniente que haya surgido.
- **Capacidad de Respuesta:** respecto a si el personal respondió adecuadamente a las inquietudes surgidas y si el proceso de contratación del servicio fue eficiente.
- **Seguridad:** se desea conocer si los mozos se desempeñaron con solvencia y amabilidad durante el evento, así como, la confianza que *IncluSer* transmitió antes y durante el servicio. Este punto será clave para obtener resultados acerca de la capacidad de trabajo de las PcDI. Seguramente, cuando el cliente imagina el Servicio Deseado, el estereotipo ideal de mozo no coincidirá con el perfil de una PcDI. Es por esto que, si el desempeño de los mozos de *IncluSer* es de buena calidad, comparar la valorización que haga el cliente entre el Servicio Deseado y el Percibido servirá para derribar estereotipos culturales y contribuirá a una sociedad más inclusiva.
- **Empatía:** se pretende evaluar en qué medida *IncluSer* pudo captar y satisfacer los requerimientos propios del cliente.

**SECCION II:** Contiene instrucciones para completar esta sección y una lista de dimensiones de la calidad del servicio que el cliente debe valorar. Se le pide que ordene de 1 (el más importante) a 5 (el menos importante) los cinco criterios básicos.

**SECCION III:** Incluye preguntas de interés para *IncluSer* y la posibilidad de hacer comentarios y/o sugerencias.

Con respecto al modelo básico del cuestionario SERVQUAL, además de modificar los enunciados adaptándolos a las características del servicio de *IncluSer* y haber variado ligeramente el número de preguntas, se ha modificado la estructura del mismo. En vez de confeccionar un cuestionario independiente para cada tipo de medición (servicio deseado, servicio adecuado y servicio percibido) se han utilizado tres columnas distintas para recoger la puntuación respectiva en un solo cuestionario. Esto reduce el número de cuestionarios a manipular y normalmente, favorece la predisposición del encuestado pues se reduce su trabajo de manera notable.

La mencionada encuesta ha comenzado a utilizarse hace pocos meses, por lo que todavía no se han obtenido resultados concluyentes para mostrar en el presente trabajo.

## 5. CONCLUSIONES

A partir del análisis y las observaciones realizadas por *Libertate*, *IncluSer* emprendió un plan de acción basada en estrategias de la calidad y la mejora continua para mitigar las principales debilidades encontradas. La implementación de la metodología 5S permitió ordenar y limpiar el depósito de elementos e insumos en stock y a partir de ello fue posible realizar una *Checklist* que permite identificar y preparar fácilmente todos los artículos necesarios para llevar a un evento. A su vez, se rotularon los estantes y sectores de almacenamiento para así encontrar rápidamente los elementos buscados. También se crearon los procedimientos escritos de los procesos de "Pedido de presupuesto", "Control de Inventario" y "Organización de Eventos" identificando un plan de orden y limpieza en el segundo proceso mencionado. En resumen, se logró mejorar en un 40% las actividades referidas a Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina cumpliendo con los objetivos que pretende la metodología, es decir, se mejoraron las condiciones de trabajo, se redujeron gastos de tiempo y energía, y en consecuencia, se mejoró la calidad de la producción y el servicio.

La gestión de stock necesaria fue más sencilla de lo pensado ya que por el nivel de demanda de insumos y los bajos costos de almacenamiento, lo primordial es llevar actualizado el registro de las existencias en almacén más que la definición de programas de compras. En este sentido, el principal problema de *IncluSer* fue que el crecimiento de la empresa no fue de la mano con la gestión acorde de los elementos e insumos. Eso resultó en una acumulación de problemas, que si bien nunca llevaron a una situación grave, era necesario resolver para que no llegara a impactar en el servicio brindado.

Luego del análisis y orden de todas las planillas existentes, así como el diseño y utilización del formulario Post-Eventos, se logró conocer la evolución de *IncluSer* desde el comienzo de sus actividades, identificando datos sumamente relevantes para la demostración de su impacto social en relación a la inclusión de trabajadores con discapacidad intelectual. Asimismo, los indicadores internos actuales permiten a la gestión de *IncluSer* observar sobre qué servicios está mejor posicionado y sobre cuáles debería reforzar sus mecanismos de difusión para recibir más contrataciones de los mismos.

Si bien, con la utilización de la encuesta de satisfacción del cliente, todavía no se han obtenido resultados concluyentes, el diseño de la misma significó un gran aporte desde el punto de vista de lograr generar empatía con el cliente, es decir, analizar punto por punto todas las cuestiones que pueden afectar a la satisfacción del cliente al recibir el servicio de *IncluSer*, y así trabajar en pos de eso.

Por último, cabe resaltar que el compromiso de todo el personal de la empresa y el trabajo en equipo son primordiales para poder mantener en el tiempo las mejoras logradas e implementar nuevas propuestas de mejora continua.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cardenau, P. (2009). “¿Qué es un negocio social?” *NextBillion en Español – Desarrollo y Negocios Inclusivos*. Blog.
  - [2] Barcia Villacreses, K. F., & Hidalgo Castro, D. S. (2006). Implementación de una metodología con la Técnica 5S para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio. *Revista Tecnológica ESPOL* , 18.
  - [3] Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* .
  - [4] Rodríguez, D. (2002). Implementación de la Metodología de Mejora 5S en una Empresa Litográfica. *Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral* .
  - [5] Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *The Journal of Marketing* , 41-50.
  - [6] Parasuraman, A., Berry, L. L., & Zeithaml, V. A. (1991). Refinement and reassessment of the SERVQUAL scale. *Journal of retailing* , 67(4), 420.
  - [7] Cigdem, B., & Amitava, M. (2015). A cross cultural investigation of airlines service quality through integration of Servqual and the Kano model. *Journal of Air Transport Management* , 239-248.
  - [8] Liu, R., Cui, L., Zeng, G., Wu, H., Wang, C., Yan, S., y otros. (2015). Applying the fuzzy SERVQUAL method to measure the service quality in certification & inspection industry. *Applied Soft Computing* , 26, 508-512.
  - [9] Saini, S., & Singh, R. (2018). Service Quality Assessment of Utility Company in Haryana using SERVQUAL Model. *Asian Journal of Management* , 9(1), 702-708.
  - [10] Teshnizi, S. H., Aghamolaei, T., Kahnouji, K., Teshnizi, S. M., & Ghani, J. (2018).
  - [11] Zeithaml, V. A. Parasuraman, A. & Berry, L. L. (1993). Calidad Total en la Gestión de Servicios. *Díaz de Santos*.
  - [12] Assessing quality of health services with the SERVQUAL model in Iran. A systematic review and meta-analysis. *International Journal for Quality in Health Care* , 30(2), 82-89.
- Gosso, F. (2008). *Hiper satisfacción del cliente*. México: Panorama editorial.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al personal de *IncluSer y Libertate* por haber confiado sus datos y estudios realizados, así como por el tiempo dedicado a resolver nuestras consultas o inquietudes para el desarrollo del presente trabajo.

## 8. ANEXOS

### 8.1 ANEXO 1: Formulario de google drive post-evento.

En el formulario post-evento realizado, las preguntas efectuadas, mediante las cuales se logró la generación de los indicadores de gestión, son las siguientes:

1. Nombre
2. Fecha
3. Nombre del evento
4. Lugar
5. ¿Quién contrata?
6. ¿Servicio pagado en el lugar del evento?
7. Tipo de servicio contratado
8. Duración del servicio
9. Coordinación a cargo de:
10. ¿Quién efectuó las compras?
11. Transporte a cargo de:
12. Personal (staff de mozos)
13. Calidad del servicio brindado (autoevaluación de “lo que se ve”): en este punto se debe seleccionar entre 4 opciones: Muy Buena, Buena, Regular o Mala.
14. Calidad del trabajo realizado (autoevaluación de “lo que no se ve”): en este punto se debe seleccionar entre 4 opciones: Muy Buena, Buena, Regular o Mala.
15. Observaciones

Los puntos 9, 10, 11 y 12, incluyen una lista de personal para seleccionar la opción correspondiente.

## 8.2 ANEXO 2: Encuesta de satisfacción del cliente, adaptada del modelo SERVQUAL.

### SECCION I - Instrucciones

En esta sección pretendemos:

**A)** Conocer las expectativas que Ud. tiene con respecto a un servicio de catering o pequeño catering que podría brindarle un servicio de excelente calidad.

Por favor, para cada una de las declaraciones, indíquenos en qué medida la característica descrita resulta importante para Ud., dándole un valor de 1 a 7, sobre cada una de las dos primeras columnas que aparecen a la derecha de los enunciados. Si cree que es *absolutamente esencial*, indique 7; si cree que *no es esencial*, escriba 1; y si sus convicciones no son tan definitivas, escriba uno de los números intermedios de la escala.

En la primera columna se evaluará el **Servicio Deseado** (condiciones del servicio que Ud. espera recibir en *cualquier servicio de catering*)

En la segunda columna se evaluará el **Servicio Adecuado** (condiciones mínimas exigidas para la prestación del servicio en *cualquier servicio de catering*)

**B)** Conocer su opinión con respecto al servicio brindado por la Empresa Social **IncluSer**.

Para cada declaración, por favor, en la columna **Servicio percibido** indíquenos hasta qué punto considera que IncluSer posee las características descritas en cada declaración. Si está *fuertemente de acuerdo*, indique 7; si está *fuertemente en desacuerdo*, escriba 1. Puede escribir alguno de los números intermedios de la escala que mejor represente sus convicciones al respecto.

Recuerde que no hay respuestas correctas ni incorrectas; sólo nos interesa que indique un número que refleje con precisión su opinión.

	Servicio desead o	Servicio adecuad o	Servicio percibid o
1. Calidad de la comida (presentación, sabor, cantidad, temperatura)	[ ]	[ ]	[ ]
2. Calidad de la bebida (temperatura, cantidad, sabor)	[ ]	[ ]	[ ]
3. Presentación de las mesas (orden, limpieza, decoración)	[ ]	[ ]	[ ]
4. Elementos con apariencia moderna	[ ]	[ ]	[ ]
5. Apariencia del personal pulcra	[ ]	[ ]	[ ]
6. El servicio cumple con los tiempos establecidos.	[ ]	[ ]	[ ]
7. Cuando se ha cometido algún error, éste se subsana rápidamente.	[ ]	[ ]	[ ]
8. El personal se esfuerza por realizar su trabajo sin errores.	[ ]	[ ]	[ ]
9. Comunicación eficaz	[ ]	[ ]	[ ]
10. Respuesta rápida	[ ]	[ ]	[ ]
11. Proceso de contratación eficiente	[ ]	[ ]	[ ]
12. El personal se desempeña con solvencia.	[ ]	[ ]	[ ]
13. El personal siempre está dispuesto a ayudar a los asistentes del evento.	[ ]	[ ]	[ ]
14. El personal es siempre amable con los asistentes del evento.	[ ]	[ ]	[ ]
15. El comportamiento de la empresa transmite confianza a sus clientes	[ ]	[ ]	[ ]
16. El costo del servicio coincide con la calidad	[ ]	[ ]	[ ]
17. Comprensión de las especificaciones del cliente y atención individualizada	[ ]	[ ]	[ ]

## **SECCION II – Instrucciones**

De la lista de características que aparece a continuación, nos gustaría conocer cuánta importancia le asigna a cada una de ellas cuando evalúa la calidad de un servicio de catering. Por favor, indíquenos el orden que le asigna a cada característica, anotando un número del 1 (la *más* importante) al 5 (la *menos* importante).

	Número de Prioridad
1. La apariencia de los elementos, el personal y el material de comunicación.	
2. La habilidad de la empresa para ejecutar el servicio prometido de forma fiable y cuidadosa.	
3. La disposición de la empresa a brindar un servicio de calidad.	
4. El conocimiento y trato amable del personal del servicio.	
5. La atención individualizada que la empresa brinda a sus clientes.	

## **SECCION III**

1. ¿Por qué razón decidieron contratarnos?
2. ¿Cómo se enteró de **IncluSer**?
3. Agradecemos cualquier comentario o sugerencia con respecto a la calidad del servicio que brinda **IncluSer**.

*\* Muchas gracias por colaborar \**

**\* SU OPINIÓN NOS AYUDA A MEJORAR EL SERVICIO QUE LE BRINDAMOS\***

# Valorización de residuos de vidrio en Tierra del Fuego. El caso de Ushuaia

Cánepa, Luis\*<sup>1</sup>; Arenas, Angélica Noemí<sup>1,2</sup>; Iturralde, Javier; Mele, Roberto; García, Juan Ignacio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Fuegia Basket 251, Ushuaia (9410), Prov. de Tierra del Fuego, A. e I. A. S. [icanepa@untdf.edu.ar](mailto:icanepa@untdf.edu.ar)*

<sup>2</sup>*INIQUI - CONICET*

## RESUMEN.

A la ciudad de Ushuaia ingresan unos 4,7 millones de botellas de vidrio por año, de los cuales el 55% corresponde a botellas no retornables de 1.000 cc de cerveza, pero la salida de botellas vacías para reutilización o reciclado es nula, por las barreras geográficas y aduaneras que separan a Tierra del Fuego del territorio continental. Por este desequilibrio entre entrada y salida, decenas de millones de botellas de vidrio se acumulan en el relleno sanitario y en un predio que el municipio destina al efecto. No hay operaciones locales de reciclado de vidrio, por ser económicamente inviables.

En este contexto, estudiantes de Ingeniería Industrial de la UNTDF han presentado en la Legislatura Provincial un proyecto de ley para regular la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, que asigna a los importadores de envases la responsabilidad por los residuos que genere su actividad, y por sus consecuencias ambientales. También propone la creación de una Comisión Estratégica para Regulación de Residuos Sólidos Urbanos (CERRSU) a nivel provincial, integrada por representantes de los Municipios, de las Cámaras de Comercio, de la Secretaría de Comercio y de la Legislatura, entre otros.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la factibilidad económica de implementar un sistema de retornabilidad para botellas de 1.000 cc de cerveza. Se espera que esta evaluación sea un insumo útil para la toma de decisiones en el seno de la CERRSU, próxima a ser creada.

**Palabras Claves:** reciclado, residuos, envases, vidrio.

## ABSTRACT

Around 4.7 million glass bottles enter Ushuaia every year, 55% of which are non-returnable 1,000 cc-beer bottles, but the number of bottles that go back to the continent for reuse or recycling is null, due to geographical and customs barriers, that isolate Tierra del Fuego from the continent. On account of this input and output mismatch, dozens of millions of glass bottles fill the landfill as well as a disposal plot assigned by the city hall to that purpose. There are no local recycling operations, because they are financially unsustainable.

Within this context, Industrial Engineering students at UNTDF have submitted a bill at the Province Legislature to regulate the generation, transport, handling and final disposal of solid urban waste, which assigns to importers of containers the responsibility for the residues produced by their activity, and the environmental consequences entailed. It also puts forward the creation of a Comisión Estratégica para Regulación de Residuos Sólidos Urbanos (CERRSU), Strategic Committee for the Regulation of Solid Urban Waste, for the province, formed by representatives of city halls, Chambers of Commerce, Commerce Secretary and the Legislature, among others.

This work aims at assessing the economic feasibility of working on a returnability system for 1,000 cc beer bottles. It is expected that this assessment will be of value when making decisions at the CERRSU, soon to be created.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Barreras logísticas y aduaneras al transporte de material a reciclar**

Tierra del Fuego es una isla cuya única conexión vial con el continente pasa por territorio chileno y cruza el Estrecho de Magallanes. Situada a unos 3.200 km de los principales centros de consumo de Argentina, requiere una logística sumamente costosa para las actividades que conectan el territorio fueguino con el resto de nuestro país. Otro factor que encarece el transporte hacia y desde Tierra del Fuego es su condición de Área Aduanera Especial (Ley 19.640), por la cual los traslados de mercaderías se consideran como operaciones de exportación (del continente hacia la isla) o de importación (de la isla hacia el continente). Los costos de “importación” pueden incluir el pago de aranceles y tributos nacionales, costos administrativos aduaneros o provinciales, verificadores, etc., y pago de despachante de aduana [1]. Por otra parte, el flete marítimo de Ushuaia a Buenos Aires no ofrece ventajas de costos frente al flete terrestre puerta a puerta, por la alta incidencia de los costos de operación de los puertos de Buenos Aires y de Ushuaia, y de transporte en destino, y porque los camiones suelen llegar cargados a Ushuaia y reducen fuertemente su tarifa de regreso, para no viajar vacíos a Buenos Aires.

### **1.2. Marco normativo local para la gestión de residuos**

Para el caso de los residuos *industriales*, existe en Ushuaia una ordenanza municipal (4185/2012), que penaliza con un costo prohibitivo su ingreso al relleno sanitario municipal, y hace responsables a las industrias locales de los residuos que genere su actividad. Esto ha favorecido la creación y desarrollo de empresas locales de reciclado de residuos industriales, principalmente: cartón, poliestireno expandido (telgopor), polietileno espumado y polietileno de alta y baja densidad.

Para los residuos *domiciliarios*, en cambio, no existe hasta el momento ninguna norma, ni municipal ni provincial, que promueva su reciclado. Por esta razón, y por las barreras logísticas y aduaneras mencionadas en el primer párrafo, la provincia de Tierra del Fuego es la única de nuestro país donde la totalidad de las bebidas se comercializan en envases no retornables.

Ante esta situación, estudiantes de Ingeniería Industrial de la UNTDF han presentado en la Legislatura Provincial un proyecto de ley para regular la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, que asigna a los importadores de envases la responsabilidad por los residuos que genere su actividad, y por sus consecuencias ambientales. También propone la creación de una Comisión Estratégica para Regulación de Residuos Sólidos Urbanos (CERRSU) a nivel provincial, integrada por representantes de los Municipios, de las Cámaras de Comercio, de la Secretaría de Comercio y de la Legislatura, entre otros [2].

### **1.3. Flujo anual de envases de bebidas hacia Ushuaia.**

De acuerdo con un estudio realizado recientemente, cada año ingresan a la ciudad de Ushuaia unos 4,7 millones de botellas de vidrio, que terminan acumulándose en el relleno sanitario municipal, y en un segundo predio, exclusivo para botellas, que el municipio destina a tal efecto. Un 55% de este volumen corresponde a botellas de cerveza de un litro, que en el resto del país admiten ser retornadas, y el 45% restante corresponde a otro tipo de bebidas (vino, licores, etc.) cuyos envases son no retornables, no solo en Tierra del Fuego, sino también en el resto de Argentina [3].

Un dato importante es que las botellas de cerveza que ingresan a Ushuaia, a pesar de ser etiquetadas como no retornables, son idénticas a las botellas que, en el resto del país, se emplean como botellas retornables. Una posible explicación para este hecho es que la reducida diferencia de costo entre estos dos tipos de envase, y el bajo porcentaje de envases no retornables frente a los retornables a nivel nacional, hace que no se justifique el manejo de inventarios separados para dos tipos de envase, para los grandes fabricantes de cerveza.

### **1.4. El relleno sanitario de Ushuaia**

La gestión integral de RSU en el Municipio de Ushuaia está a cargo de la empresa Agrotécnica Fueguina S.A.C.I.F., que ganó la última licitación para un período de 6 años, desde el año 2014 hasta el 2019, ambos inclusive. Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad, durante el año 2016, la cantidad de RSU recolectado fue de 22.800 toneladas. El relleno sanitario se ubica en el extremo este, cerca de la entrada de la ciudad (Figura 1).



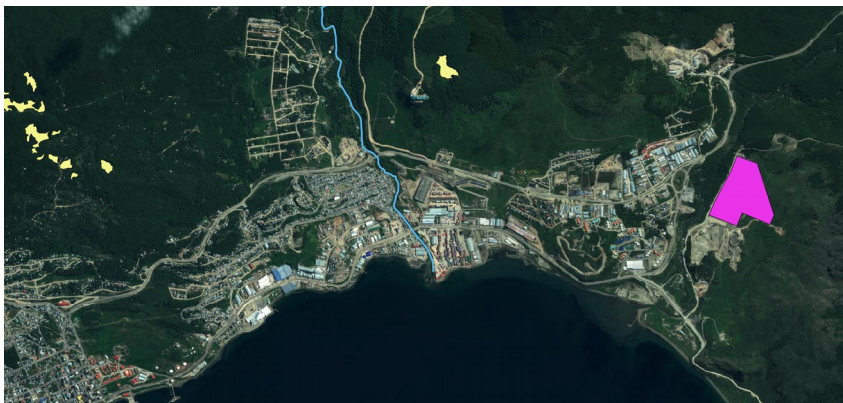


Figura 1 Ubicación del relleno sanitario, en color lila, en el extremo este de la ciudad de Ushuaia.

El relleno sanitario está siendo utilizado por encima de su capacidad de diseño. Está previsto que en noviembre de 2018 se inicien los trabajos de ampliación, que permitirían seguir operando en el lugar por unos cinco años más [4].

### 1.5. Costo estimado de operación del sistema actual

No fue posible obtener información sobre costos de operación del relleno sanitario, pero es de esperarse que, una vez constituida la CERRSU, esta información esté disponible. A los fines del presente trabajo se ha realizado una estimación indirecta: Considerando que, para el período de 6 años 2014-2019, el presupuesto oficial de licitación ascendió a \$304.786.108 [5], el monto promedio resultante es de \$50.797.685 por año. Dividiendo este importe por 21.200 t anuales, que es el volumen estimado por Agrotécnica Fueguina para el año 2014, se obtiene un costo promedio de \$2.396 por tonelada. A los fines del presente trabajo, supondremos, de manera conservadora, un ajuste promedio del costo del 12% anual, lo que determina un **costo promedio para el año 2018 de \$3.770 por tonelada** de residuo urbano (incluye recolección, tratamiento y disposición final).

### 1.6. Tratamiento actual de los residuos de vidrio

Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente de Ushuaia, actualmente se recolectan, en promedio, unos 250 m<sup>3</sup> de residuos de vidrio por mes, a través de 70 campanas distribuidas en la ciudad (Figura 2).



Figura 2 Campanas de acopio para residuos de vidrio (verde) y de plástico (amarillo) en la ciudad de Ushuaia

Este volumen equivale a unos 2,4 millones de botellas, o sea, poco más del 50% del total de botellas desechadas anualmente en la ciudad. Las botellas así recolectadas se vierten en un relleno dedicado exclusivamente a vidrio, ubicado en el extremo oeste de la ciudad. El 50% restante es desechado en bolsas, junto con otras clases de RSU, que terminan en el relleno sanitario común. Más detalles del proceso se brindan en la Tabla 1.



Tabla 1 *Proceso actual de tratamiento del vidrio como R.S.U en Ushuaia.* [2]

Nº	Descripción de la etapa		Resultado		Sector donde se realiza		Equipo empleado	
1	Las empresas importadoras traen sus productos en envases de vidrio		Entra: pallet con envases llenos. Resultado: pack/cajón de envases llenos para distribución		Depósito del importador			
2	La mercadería se vende en supermercados, almacenes, kioscos		Envase lleno para venta minorista		Local minorista			
3	Los habitantes consumen el producto		Envase vacío (residuo)		Hogares, oficinas, locales gastronómicos, vía pública			
4	Un 50% de los envases vacíos son separados para su tratamiento diferenciado.	Un 50% de los envases vacíos son desechados en bolsas junto con otras clases de RSU, o arrojados en la vía pública.	Envase separado para ser depositado en campana	Envase mezclado en bolsa con otros residuos, o envase arrojado a la vía pública	Hogares, oficinas, locales gastronómicos, vía pública		Bolsas exclusivas para residuos de vidrio.	Bolsas de residuos no diferenciados.
5	Los envases vacíos se depositan en las campanas destinadas a tal fin, distribuidas por la ciudad.	Las bolsas de residuos no diferenciados conteniendo envases de vidrio se depositan en la vía pública, para su recolección.	Envase depositado en campana	Envase mezclado con otros residuos bolsa de residuos en vía pública para su recolección				
5	Las campanas son vaciadas en camión por la empresa recolectora de residuos.	Las bolsas son cargadas en camión por la empresa recolectora de residuos.	Campana vacía, camión cargado	Bolsas cargadas en camión	Lugares asignados para depósito de envases	Canastos o contenedores en vía pública	Camión volcador con grúa	Camión recolector compactador de bolsas.
6	Los envases son descargados en playa de acopio de residuos (ex cantera Masciotra)	Las bolsas con residuos no diferenciados son descargadas en relleno sanitario.	Camión vacío, residuos de vidrio depositados en playa de acopio.	Camión vacío, bolsas depositadas en relleno sanitario.	Playa de acopio de residuos de vidrio	Relleno sanitario	Camión volcador con grúa	Camión compactador volcador.
7	Los residuos de vidrio son triturados con topadoras.	Las bolsas son aplastadas con topadoras.	Envases triturados, convertidos en relleno de playa de acopio.	Bolsas aplastadas, pasan a ser parte del relleno sanitario.	Playa de acopio de residuos de vidrio	Relleno sanitario	Topadora, cargadora frontal.	

### 1.7. Reutilización de envases de vidrio

Si bien el vidrio es un material reutilizable en muchas formas, esto es especialmente cierto al referirse a botellas y recipientes. Esto ha llevado a que los fabricantes de envases y los gobiernos reconozcan los ahorros que se pueden lograr, en términos de recursos y energía, mediante la reutilización de envases de vidrio. El esquema de reutilización más difundido es el de “botella retornable” mediante el cual el envase vacío vuelve al fabricante de bebidas para su acondicionamiento y nuevo llenado. En los últimos tiempos, además de la reutilización de envases de vidrio, se ha difundido también su reciclado, enviando los envases de vuelta, no a la fábrica de bebidas, sino a la fábrica de envases, para fundirlos y producir envases nuevos. Según Thomas Dyer [6], los beneficios del *reciclado* de vidrio son considerables, pero es poco probable que superen a los beneficios de la *reutilización* de los envases [6].

### 1.8. Botellas retornables versus botellas no retornables.

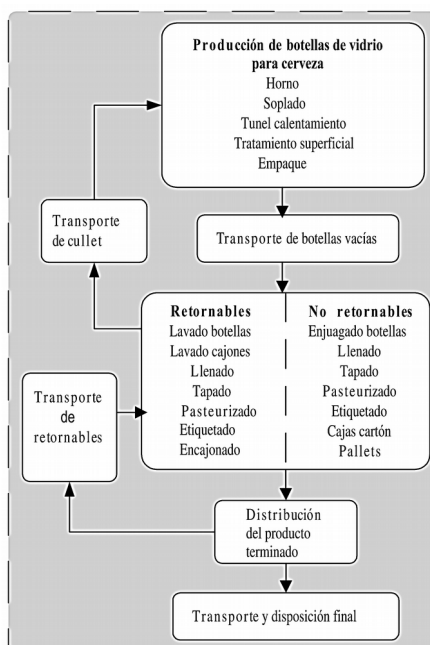


Figura 3 *Diagrama de flujo para botellas retornables y no retornables*

En la figura 3 se puede apreciar que son pocas las diferencias en el proceso para botellas retornables y no retornables. A las retornables se les hace un lavado que incluye remoción de etiquetas, mientras que a las no retornables solo se las enjuaga. Las retornables también requieren el lavado de cajones en que se las transporta. La diferencia en el costo de producción es mínima, sobre todo considerando que a las botellas retornables se las puede utilizar, en promedio, 27 veces antes de desecharlas y convertirlas en cullet [7].

## 1.9. Objetivo

Evaluar la factibilidad económica de implementar un sistema de envases retornables de 1.000 cc de cerveza para la ciudad de Ushuaia, cuantificando los ahorros obtenibles mediante la operatoria de reutilización, y comparándolos con los importantes gastos de logística generados por la localización geográfica extrema de la ciudad de Ushuaia. Se espera que esta evaluación sea un insumo útil para la toma de decisiones, en el seno de la Comisión Estratégica para Regulación de Residuos Sólidos Urbanos, próxima a ser creada en el marco de la futura Ley Provincial de R.S.U.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Metodología de evaluación

Se ha evaluado la presente propuesta como proyecto de inversión, con un horizonte de diez años. Se ha realizado la evaluación desde el punto de vista económico, es decir, se han considerado los flujos de caja propios del proyecto, independientemente de los medios por los cuales se vaya a financiar. Como situación de base (alternativa “no hacer nada”), se ha tomado el esquema actual de disposición final de las botellas en los rellenos sanitarios.

Por ser Tierra del Fuego una provincia en la que no se paga el impuesto a las ganancias, no se han tenido en cuenta, en el análisis, las depreciaciones de los bienes de uso, ya que su única relevancia para el análisis económico es su efecto sobre el impuesto mencionado. Tampoco se ha tenido en cuenta el impuesto al valor agregado, por ser los residentes de Tierra del Fuego sujetos exentos ante dicho impuesto.

Los indicadores a utilizar para evaluar el proyecto son: 1) Excedente por botella, que se podría utilizar como diferencial de precio para motivar al público a comprar cerveza en envases retornables. 2) Valor actual neto del flujo de caja. 3) Tasa interna de retorno. 4) Período de repago. Se han realizado dos análisis de sensibilidad del excedente por botella: 1) con respecto al costo del envase retornable y 2) con respecto al costo del flete de retorno.

### 2.2. Supuestos centrales del modelo [1 y elaboración propia].

#### Supuestos utilizados para la estimación de ingresos:

- Los envases de cerveza de 940 cc a 1000 cc totalizan unos 2,6 millones de unidades al año para 2018, de acuerdo a estimaciones hechas para 2017 [2]. Este supuesto implica un consumo aproximado de 32 litros de cerveza en botella de litro por habitante, que resulta consistente con las estimaciones de consumo de cerveza realizadas para el total nacional, que lo ubican en 40 litros anuales, considerando todos los formatos.
- Se mantiene el esquema actual, por el cual los envases “no retornables” que ingresan actualmente a Ushuaia son iguales a los que se utilizan en el resto del país para la modalidad de envase retornable.
- Se estima que, en el primer año de implementación del sistema, un 60% de los envases pasarán a ser retornables, aumentando esta proporción a un 70% en el segundo año y un 80% a partir del tercero. Estas estimaciones son conservadoras, ya que el porcentaje de consumo en envase retornable en el resto del país se estima en el 90%.
- El otro ingreso que generará el proyecto es el ahorro de costos por evitar la disposición final de las botellas que se reutilizan. Para estimar este ahorro, asumiremos que el costo de disposición final es el valor promedio obtenido en el punto 1.3.2. de \$3,77 por kg, o sea \$1,88 por envase (se toma un peso de 0,5 kg por envase).

#### Supuestos utilizados para la estimación de costos:

- Todos los distribuidores manejan aproximadamente el mismo volumen de botellas.
- El cambio en la logística por abastecerse en cajones de 12 unidades, en lugar de pallets, no genera costos adicionales.
- Se considera despreciable el costo de transporte de los envases vacíos, desde el minorista hasta el distribuidor, ya que el retiro del envase se produce en simultáneo con la entrega del producto; los cajones, que actualmente se recogen vacíos, ahora van a contener los envases.
- Se contrata un solo operario por distribuidor, para recepción y carga de los cajones con envases vacíos. Hay incrementos en la carga horaria de personal ya preexistente (ver Tabla 2).
- Se considera despreciable el costo que reporta a los consumidores transportar los envases vacíos a los comercios minoristas.
- No se computan los beneficios de reducir los residuos en la vía pública y espacios naturales.

- El único costo aduanero incremental es el de la intervención del despachante de aduana, para documentar la salida de los envases vacíos, que se estima en US\$ 250 por camión.
- Cada envase se utiliza, en promedio, 27 veces.

Supuestos realizados para la estimación de inversiones:

- Se considera necesario invertir en campañas publicitarias para informar a la ciudadanía sobre la posibilidad de utilizar envases retornables.
- Solo se requiere acondicionar el espacio para un contenedor adicional en la playa del distribuidor, para la recepción y acopio de envases vacíos. Cuando un contenedor se completa, se despacha y se reemplaza por otro.

**2.3. Otros supuestos del modelo [1 y elaboración propia].**

Los restantes supuestos y datos utilizados en el modelo se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2 *Datos y supuestos utilizados para la evaluación [2]*

Tasa de crecimiento anual del consumo	2%	Costo de camión contenedor a BsAs (\$ / viaje)	45.000
Porcentaje recuperado para retornar	95%	Costo de despacho aduanero de salida (US\$/camión)	250
Costo de botella retornable (\$/u)	12	Cantidad de distribuidores en Ushuaia	5
Costo de botella no retornable (\$/u)	12	Tipo de cambio (AR\$/US\$S)	28,00
Costo adicional de acondicionamiento botella retornable (\$/u)	0,75	Costo real anual del capital	15,00%
Cantidad de cajones por contenedor (u)	1.680	Cantidad de supermercados (Anónima + Carrefour)	6
Cantidad de botellas por cajón (u)	12	Costo unitario de disposición final (\$/envase)	1,88
Peso por botella (g)	500	Cantidad de usos por botella	27
Cantidad de botellas por contenedor (u)	20.160		

**3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN**

**3.1. Flujo de caja del proyecto**

Los ingresos y egresos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3 Flujo de caja del proyecto [1 y elaboración propia]

Flujo de Ingresos y Egresos											
Año	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>											
Ahorro de envases no retornables	-	17.784.000	21.162.900	24.669.955	25.163.364	25.666.631	26.179.964	26.703.563	27.237.635	27.782.387	28.338.035
Ahorro disposición final en relleno	-	2.786.160	3.315.530	3.864.961	3.942.260	4.021.106	4.101.528	4.183.558	4.267.229	4.352.574	4.439.625
<b>Total</b>		<b>20.570.160</b>	<b>24.478.490</b>	<b>28.534.926</b>	<b>29.105.624</b>	<b>29.687.737</b>	<b>30.281.492</b>	<b>30.887.122</b>	<b>31.504.864</b>	<b>32.134.961</b>	<b>32.777.660</b>
<b>Costos fijos</b>											
Gastos en personal directo	-	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900	-5.372.900
Service anual equipamiento	-	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800	-100.800
<b>Total</b>		<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>	<b>-5.473.700</b>
<b>Costos variables</b>											
Flete de retorno	-	-3.308.036	-3.936.563	-4.588.907	-4.680.685	-4.774.299	-4.869.785	-4.967.181	-5.066.524	-5.167.855	-5.271.212
Despachante de aduana egreso	-	-514.583	-612.354	-713.830	-728.107	-742.669	-757.522	-772.673	-788.126	-803.889	-819.966
Costo acondicionamiento botellas	-	-1.111.500	-1.322.685	-1.541.873	-1.572.710	-1.604.164	-1.636.248	-1.668.973	-1.702.352	-1.736.399	-1.771.127
Reposición botellas (27 usos)	-	-658.667	-783.813	-913.702	-931.976	-950.616	-969.628	-989.021	-1.008.801	-1.028.977	-1.049.557
<b>Total</b>		<b>-5.592.786</b>	<b>-6.655.415</b>	<b>-7.758.312</b>	<b>-7.913.479</b>	<b>-8.071.748</b>	<b>-8.233.183</b>	<b>-8.397.847</b>	<b>-8.565.804</b>	<b>-8.737.120</b>	<b>-8.911.862</b>
<b>Inversiones</b>											
Playa de depósito	-2.450.000										
Máquinas receptoras de botellas	-504.000						-504.000				
Campaña de sensibilización	-500.000										
Capital de trabajo incremental	-										
<b>Total</b>	<b>-3.454.000</b>	<b>-300.000</b>					<b>-504.000</b>				
<b>Flujo neto</b>	<b>-3.454.000</b>	<b>9.203.674</b>	<b>12.349.375</b>	<b>15.302.914</b>	<b>15.718.446</b>	<b>16.142.289</b>	<b>16.070.609</b>	<b>17.015.575</b>	<b>17.465.360</b>	<b>17.924.141</b>	<b>18.392.088</b>
<b>Flujo neto actualizado al 15%/año</b>	<b>-3.454.000</b>	<b>8.003.195</b>	<b>9.337.902</b>	<b>10.061.914</b>	<b>8.987.072</b>	<b>8.025.570</b>	<b>6.947.768</b>	<b>6.396.785</b>	<b>5.709.457</b>	<b>5.095.160</b>	<b>4.546.245</b>
<b>Flujo neto por botella (\$ u)</b>		<b>3,88</b>	<b>4,66</b>	<b>5,66</b>	<b>5,70</b>	<b>5,74</b>	<b>5,60</b>	<b>5,81</b>	<b>5,85</b>	<b>5,88</b>	<b>5,92</b>

### 3.2. Resultados de la evaluación económica del proyecto.

Desde el punto de vista económico, el proyecto muestra indicadores sumamente favorables, según se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4 Principales resultados de la evaluación económica

Indicador	Valor
Valor actual neto (tasa de descuento del 15% anual)	\$ 69.657.069
Tasa interna de retorno	295% anual
Período de repago	Menor que 6 meses

En la Tabla 3 se observa que el ahorro neto por botella varía entre \$3,88 para el primer año, y \$5,92 para el décimo año. Esta es una variable clave, porque indica cuál es la diferencia promedio de costo entre un envase retornable y uno no retornable. Cabe aclarar que este ahorro está distribuido entre dos actores: por un lado, el Municipio, que dejaría de pagarle \$1,88 a Agrotécnica Fueguina por cada botella que se retorna<sup>1</sup>, y por otro lado la cadena de comercialización, que se ahorraría desde \$2,00 por botella en el año 1, hasta \$4,04 por botella en el año 10.

Estos ahorros son significativamente menores que la diferencia de precio al público entre una cerveza en botella retornable y una en botella no retornable, que se observa en comercios de nuestro territorio continental. Esta diferencia es siempre superior a \$10, y en algunos casos llega a \$20.

### 3.3. Análisis de sensibilidad.

En la Figura 4 se observa que, cuanto menor (mayor) es el costo del envase nuevo, menor (mayor) es el ahorro por implementar el sistema de retornabilidad, y por lo tanto, menor (mayor) es el ahorro neto por botella retornada.

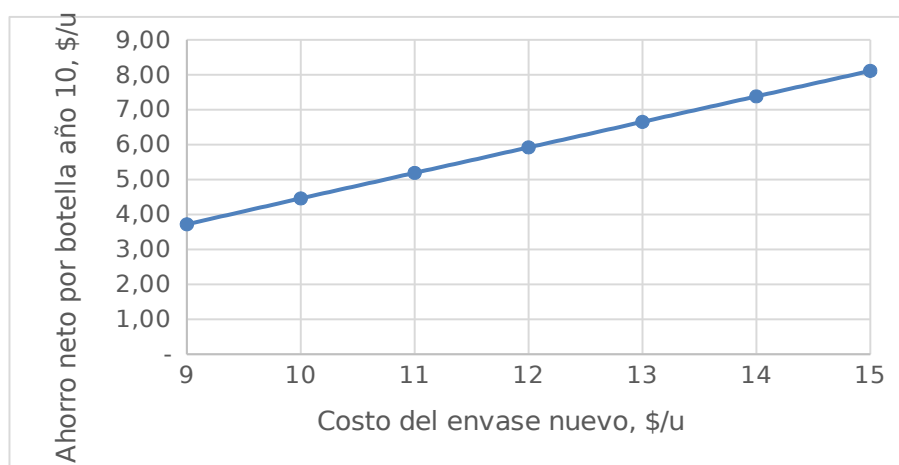


Figura 4 Sensibilidad del ahorro neto por botella retornada a variaciones en el costo del envase nuevo.

Otra variable que puede experimentar cambios bruscos es el costo del flete. En la Figura 5 se observa el análisis de sensibilidad correspondiente.

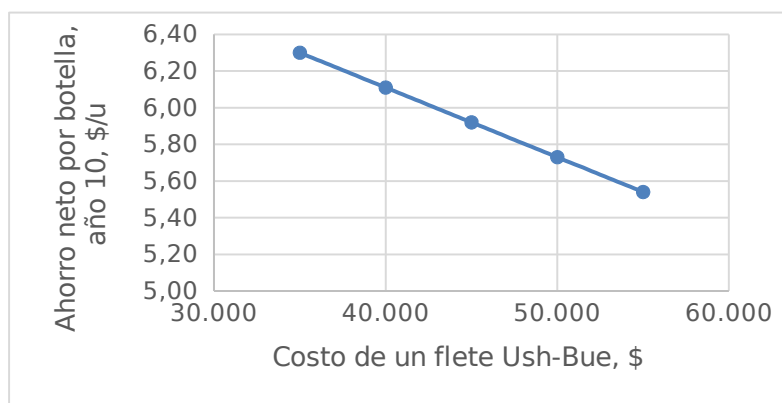


Figura 5 Sensibilidad del ahorro neto por botella retornada a variaciones en el costo del flete de retorno.

<sup>1</sup> El contrato entre la Municipalidad y Agrotécnica Fueguina tiene vigencia hasta el año 2019 inclusive. Modificaciones como la propuesta, probablemente, deberán esperar el nuevo contrato.

#### 4. CONCLUSIONES

Los elevados valores de VAN (\$ 69.657.069) y de TIR (295% anual), y el breve período de repago (menos de seis meses) son una señal clara de que la viabilidad de este proyecto no se verá afectada por eventuales modificaciones en el monto de las inversiones.

El gran desafío pasa por lograr que la cadena de comercialización y el público adopten la modalidad de botella retornable. Para esto, es imprescindible que la Comisión Estratégica para Regulación de Residuos Sólidos Urbanos, o algún organismo similar, entre en funcionamiento, en el marco de una ley para regular la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos. En un ámbito así, sería posible la colaboración para la puesta en marcha del sistema de retornabilidad, y lograr que la diferencia de precio al público entre una botella retornable y una no retornable sea del orden de los \$10 o superior, valor que funciona bien en el resto del país para que el público se incline por comprar cerveza en botellas retornables. Una forma de lograrlo sería aumentando ligeramente el precio de la cerveza en botella no retornable, y usando ese excedente para financiar el sistema de retornables.

Es de esperar que un trabajo como el presente, con todas sus limitaciones, sirva de punto de partida para una negociación exitosa entre todos los actores involucrados.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Iturralde, Javier; Zárate, Maira; García, Juan Ignacio (2018). *Análisis económico – financiero para la implementación de un sistema de retornabilidad de envases de vidrio en la ciudad de Ushuaia*. Trabajo evaluativo del Curso de posgrado en Evaluación de Proyectos de Inversión. Universidad Nacional de Tierra del Fuego.
- [2] El proyecto de ley se puede consultar en <http://www.legistdf.gob.ar/lp/novedadesip/Asuntos%20Entrados%202017/As.%20N%BA%20581-17.pdf>
- [3] Mele, Roberto; Iturralde, Javier (2018). *Reciclado de envases de vidrio*. Ushuaia. Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Tierra del Fuego.
- [4] Ushuaia 24 Noticias. (2018). *El relleno sanitario ha llegado a su límite*. Ushuaia. URL: <https://ushuaia24.com.ar/noticia/2998/el-relleno-sanitario-ha-llegado-a-su-limite>. Acceso: septiembre de 2018.
- [5] Municipalidad de Ushuaia. (2013). *Licitación Pública 09/2013: Servicio de gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Ushuaia*. Ushuaia. Argentina.
- [6] Dyer, Thomas. (2014). *Glass Recycling*. En Worrel, Ernest (editor). *Handbook of Recycling*. Amsterdam, Elsevier. U.S.A.
- [7] Mata, Teresa; Costa, Carlos. (2016). *LCA: Comparison Between Recycle and Reuse of Glass Beer Bottles*. Porto. University of Porto.

#### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las personas que trabajan en la Secretaría de Medio Ambiente Municipalidad de Ushuaia, a la Administración de Aduanas, al Legislador Provincial Oscar Rubinos y su equipo de colaboradores, a la Distribuidora Tres Ciudades, a la Distribuidora Celentano, al Supermercado La Anónima y a la Distribuidora Hebeweiss, por la colaboración brindada para la elaboración de este trabajo.

# ANÁLISIS DEL PROCESO DE DESAFECTACIÓN DE BIENES PATRIMONIALES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MAR DEL PLATA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARTICIPATIVAS

Verónica A. Mortara\*; Luciana B. Tabone; Juan C. García

*Facultad Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Av.J.B Justo 4302 (7600) |Mar del Plata| Buenos Aires| Argentina.  
[vmortara@fi.mdp.edu.ar](mailto:vmortara@fi.mdp.edu.ar)*

## RESUMEN

El incremento exponencial de la industria tecnológica en el mundo genera un gran volumen de aparatos eléctricos y electrónicos desechados. Frente a esta problemática, la gestión de este tipo de residuos ha cobrado relevancia en los últimos tiempos. El presente trabajo tiene como objetivo emplear metodologías participativas para la estructuración de problemas, en especial Investigación Operativa Soft, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, con el fin de identificar oportunidades de mejora en el proceso de desafección de bienes patrimoniales. La aplicación de esta metodología permite, mediante talleres participativos con los usuarios claves del sistema, estructurar la situación problemática y detectar las causas principales que la explicitan. Se identifica como principal debilidad las demoras del proceso en el área de Secretaría de Coordinación. Se delinearon tres acciones a seguir, a partir de las cuales se presenta una propuesta de mejora al proceso actual con el fin de atenuar los inconvenientes y prejuicios que provocan en el presente y crearán en el futuro si no se gestionan los residuos tecnológicos de forma eficiente y sostenible en el tiempo. La ventaja de la Investigación Operativa Soft es que en su implementación se involucran todos los actores del proceso, asegurando de esta forma el cumplimiento de sus expectativas, requerimientos y necesidades.

**Palabras Claves:** aparatos eléctricos y electrónicos; residuos tecnológicos; análisis de procesos; investigación operativa soft.

## ABSTRACT

The exponential increase of the technology industry in the world generates a large volume of discarded electrical and electronic equipment. Faced with this problem, the management of this type of waste has become relevant in recent times. The present work has as objective to use participative methodologies for the structuring of problems, especially Soft System Methodology, in the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata, with the purpose of identifying opportunities of improvement in the process of desafección of goods patrimonial The application of this methodology allows, through participatory workshops with the key users of the system, to structure the problematic situation and detect the main causes that make it explicit. The delays of the process in the area of the Coordination Secretary are identified as the main weakness. Three actions were denfined, to improve the current process in order to mitigate the inconveniences and prejudices that they cause in the present and will create in the future if the technological waste is not managed efficiently and sustainable over time. The advantage of Soft System Methodology is that in its implementation all the actors of the process are involved, to be able to meet their expectations, requirements and needs.



## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido un importante avance tecnológico en todos los campos de la ciencia, la computación y la informática. La implementación de nuevas tecnologías en los diferentes sectores se ha convertido en una fuente generadora de residuos [1].

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) impregnan la vida moderna [2], cada año se incrementa el uso de computadoras, celulares, televisores y electrodomésticos.

Adicionalmente, la obsolescencia programada está resultando en grandes cantidades de residuos de AEE (RAEE) desechados en lugares que carecen de una buena disposición y manejo para controlar el impacto que puede causar en el ambiente debido a su alto potencial de riesgo [3], razón por la cual “la disposición de RAEE se ha convertido en uno de los problemas con más interés” [4].

Esta problemática presenta para las organizaciones un desafío importante, les supone disponer de información sobre la gestión de los bienes tecnológicos sujetos a depreciación o pérdida de valor y definición de políticas de consumo racional que posibiliten extender el tiempo de vida útil del equipamiento tecnológico, retrasando así su rápida obsolescencia.

La Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) no está exenta a esta problemática ya que en los últimos años el crecimiento de la adquisición de AEE para dar soporte a las actividades de gestión, docencia e investigación ha sido significativo y como consecuencia directa ha aumentado la generación de RAEE.

El objetivo de este trabajo analizar el proceso de desafectación de bienes patrimoniales de la FI de la UNMdP con el in de detectar oportunidades de mejora mediante la aplicación Investigación Operativa Soft. Esta metodología permite la estructuración de la situación problemática, la identificación de las causas principales que la generan y las oportunidades de mejora al proceso.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Residuos tecnológicos

Según la nueva legislación del año 2015 sobre RAEE, la Unión Europea los define como “todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos”, es decir todos aquellos elementos que son descartados abarcando al conjunto de componentes que conforman el producto al momento de desecharse [5].

Los RAEE representan una mezcla compleja de materiales y componentes que generan afecciones al medio ambiente y conducen a la aparición de problemas crecientes cuando llegan a la etapa de su retiro. Debido al contenido de sustancias potencialmente peligrosas, los RAEE pueden dar orígenes a importantes problemas medioambientales si no son pretratados adecuadamente. Sin embargo, en muchos países, aún no se han adoptado adecuadas estrategias para su gestión. Se estima que más del 90% de estos residuos acaba en vertederos, poniendo en riesgo el medio ambiente y la salud humana [6].

En nuestro país, no existe una legislación a nivel nacional para la disposición de este tipo de residuos, sino regulaciones a nivel provincial, como la de la provincia de Buenos Aires a través de la Ley N° 14.321 y una propuesta realizada en el año 2012 como Ley de Basura Electrónica que planteaba un diseño con mayores facilidades de reciclaje, libre de contaminantes y mayor duración en su ciclo de vida útil así como la responsabilidad individual del productor en la función de responsables legales del ciclo completo del producto incluyendo el reciclado cuando los equipos son desechados por sus compradores [7].

Una visión de la magnitud de esta problemática se puede obtener en los indicadores sobre la cantidad de kilos de desechos que se generan por país en relación con el tamaño de la población. En Argentina, en el año 2012, se producían 7 kg. de RAEE por habitante generando un total de 291,7 kilotonnes de residuos en forma anual [8]. En la región de América del Sur, nuestro país se encuentra en la sexta posición sobre los doce analizados, concentrando Chile el mayor valor, con 9,9 kg. de RAEE por habitante. Esta posición que podría considerarse ventajosa con respecto a otros países de la región, se ve afectada por el caudal y concentración de residuos que se ubican en un menor número de habitantes. Así, el volumen de residuos posiciona a nuestro país en el tercer lugar con 291,7 Ktons RAEE después de Brasil que se encuentra en primer término con 1.411,9 Ktons RAEE y de México en segundo lugar con 957,9 Ktons RAEE.

Esta problemática, riesgosa para el ambiente y la salud humana, presenta para las organizaciones un desafío importante, les supone disponer de información sobre la gestión de los bienes tecnológicos sujetos a depreciación o pérdida de valor y definición de políticas de consumo racional que posibiliten extender el tiempo de vida útil del equipamiento tecnológico, retrasando así su rápida obsolescencia.

### 2.2. La toma de decisiones empresariales



El desenvolvimiento de las actuales organizaciones está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas, en las que resulta imprescindible tomar decisiones estratégicas. Estas decisiones están generalmente relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías, el rediseño de la organización, el desarrollo de nuevas estrategias, la formulación de visiones diferentes o la solución de problemas en general [9].

El proceso de toma de decisiones es un tema complejo y es crítico en el éxito de las organizaciones. Las decisiones que se toman son complicadas e importantes; requieren pensamiento y discusión cuidadosa al ejercer la función gerencial.

La Teoría de la Decisión es un método sistemático para estudiar la toma de decisiones. Una buena decisión es aquella que está basada en la lógica, que considera todos los datos y alternativas posibles. La información requerida dentro de la organización varía de acuerdo al nivel de la estructura organizacional. Las decisiones estratégicas y organizativas son menos estructuradas ya que es muy difícil encontrar situaciones repetitivas y por ende no pueden aplicarse recetas únicas de solución; por el contrario deben establecerse criterios de evaluación y puntos de vista para cada situación donde muchos de los datos provienen de fuentes externas y subjetivas en entornos con riesgos e incertidumbre. Debido a que es imposible determinar y controlar todas las variables o factores que inciden en una situación, es que se busca a través de modelos representar la realidad para su análisis, en el que se espera que las decisiones tomadas sean satisfactorias aunque no siempre óptimas dentro del contexto de racionalidad de quienes las deben tomar. Las decisiones que los ejecutivos efectúen se desplegarán en todos los niveles de la organización traducidas en objetivos y acciones más específicas y concretas en cada nivel hacia abajo. La información requerida en estas decisiones representan el punto de partida para llevar a cabo acciones que finalmente afectarán el desempeño de la organización.

### 2.3. Investigación Operativa Soft

Frente a las diversas situaciones problemáticas, la organización crea grupos de trabajo para resolverlas. Es recomendable que el grupo de trabajo reciba apoyo de un grupo de investigadores operacionales durante el proceso de resolución de la situación problemática, de tal manera que se llegue a un plan de acción a ser aprobado por los tomadores de decisiones. Dependiendo de la situación problemática que se desea resolver se usarán métodos cuantitativos, cualitativos, participativos, innovadores o una combinación de ellos (metodología múltiple). (Figura 1)

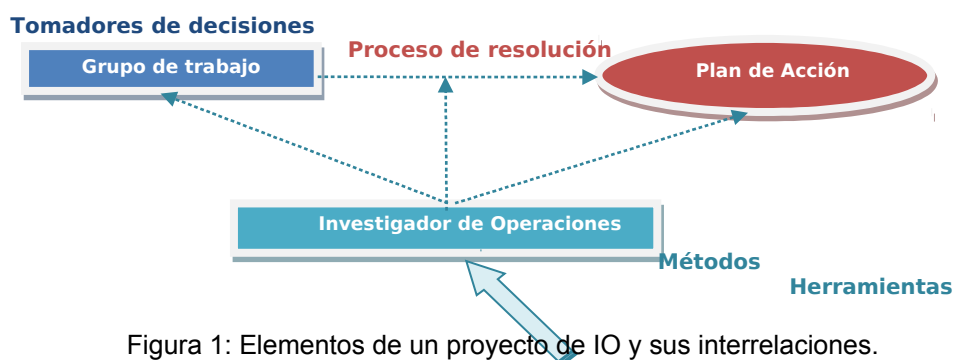


Figura 1: Elementos de un proyecto de IO y sus interrelaciones.

De manera muy general, Vidal (2010) define Investigación Operativa como una disciplina de consulta basada en la investigación de una situación problemática real usando métodos que dan soporte al grupo de trabajo en la elaboración de un plan de acción para la solución de los problemas.

Las características esenciales del método de la Investigación Operativa son dos: la estructuración de la situación problemática, y el modelamiento como una herramienta para resolver problemas.

Según cómo se determinen las características de trabajo del investigador de operaciones se originan los diferentes tipos de Investigación Operativa en la práctica: La Investigación Operativa dura o técnica, la Investigación Operativa Soft y la Investigación Operativa Crítica.

En el marco de este trabajo se pretende aplicar métodos de la Investigación Operativa Soft para sistematizar y reducir los niveles de riesgo e incertidumbre en el proceso de decisión. La Investigación Operativa Soft promueve la estructuración de problemas a través de información cualitativa, entrevistas, diálogo sistémico y holístico, talleres, escenarios, métodos estratégicos, mapas cognitivos y métodos sistémicos, a la vez que favorece la participación y la facilitación de procesos grupales [10]. La estructuración de problemas constituye un proceso de aprendizaje iterativo que procura construir una representación formal, en la cual se integran componentes objetivos del problema y aspectos subjetivos de los actores, de forma que el sistema de valores quede explícito [11].

Checkland (1999) resume el desarrollo de esta metodología para la estructuración del problema en siete etapas (Figura 2) [12].

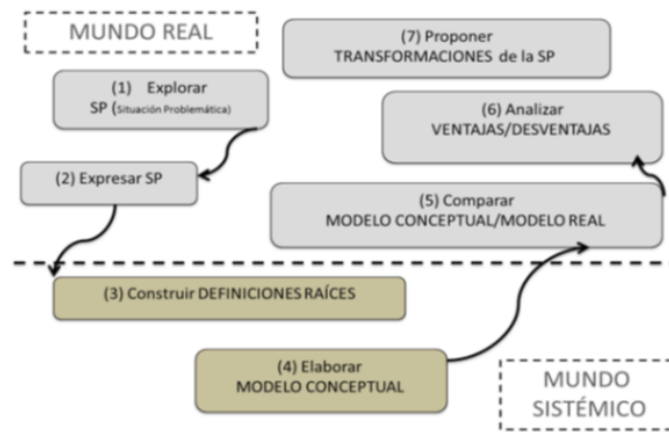


Figura 2. Esquema de las siete etapas de la IO Soft

- Paso 1: Discutir libremente la situación problemática que requiere ser analizada formalmente y comenzar a vislumbrar formas de acotar el problema.
- Paso 2: Situación expresada mediante la técnica de imágenes enriquecidas. Este paso consiste en definir formalmente el problema, analizando las situaciones que lo generan y sus consecuencias.
- Paso 3: Constituir definiciones raíces. El propósito es definir mediante una sola oración o en tres frases cortas un proceso de la organización que requiere ser transformado o cambiado. Una definición raíz bien estructurada debe contener tres partes que son: qué hacer, cómo hacerlo y por qué hacerlo. Las definiciones raíces se elaboran según los diferentes puntos de vista de las personas involucradas. La metodología propone especificar seis elementos que contribuyen a profundizar los alcances de la definición raíz y que se resumen en la sigla CATWOE (Figura 3).

Inicial	Significado
<b>C</b>	Costumers – Clientes, beneficiarios o afectados con el proceso de transformación
<b>A</b>	Actors – Personas involucradas
<b>T</b>	Transformation process – Transformación, conversión de las entradas en salidas
<b>W</b>	World viewó Weltanschauung – Punto de vista
<b>O</b>	Owners – Stake holders, todos aquellos que pueden parar la transformación
<b>E</b>	Enviroment – Restricciones del entorno

Figura 3: Significado de CATWOE.

- Paso 4: Elaborar modelos conceptuales. Para cada definición de raíz, se elaboran modelos conceptuales que representen las actividades que se requieran desarrollar para llevar a cabo los cambios planteados en el punto anterior.
- Paso 5: Comparar los modelos presentados en el paso 4 y 2. Al hacer la comparación se verán las diferencias y similitudes entre los modelos conceptuales y la situación actual.
- Paso 6: Definición de cambios factibles. Una vez realizado el análisis comparativo de la situación actual frente a la ideal, el equipo de trabajo en común acuerdo, define y propone los cambios que se requieren implementar para solucionar el problema inicialmente planteado.
- Paso 7: Transformaciones para mejorar la situación problemática. Este paso se refiere a la implementación de los cambios propuestos que fueron detectados en el paso 6. Este último paso no representa el fin de la metodología, pues en su aplicación se transforma en un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, siempre tendiendo a mejorar la situación.

### 3. METODOLOGÍA

La estructuración del problema se realiza mediante la implementación de Investigación Operativa Soft. Participan usuarios y responsables patrimoniales de la FI, representante de Secretaría de Coordinación de la FI, representante del Departamento de Patrimonio de la UNMdP y representante del Dto. de Suministros de la UNMdP.

Se efectúan entrevistas programadas con los actores involucrados en el proceso estudiado, quienes mostraron una buena disposición para participar en las actividades propuestas.

Se recopila toda la información cualitativa y cuantitativa necesaria, se define la situación problemática en forma conjunta con los actores involucrados y las posibles maneras de resolverla. Finalmente, se define un proceso de desafectación de bienes mejorado en base a los resultados obtenidos.

## **4. DESARROLLO**

Este trabajo tiene como área de estudio la sede central y anexo de la FI- UNMdP. Para realizar el relevamiento del proceso actual de desafectación de bienes de esta institución se realizan entrevistas a los actores involucrados y se solicitan informes oficiales en la Secretaría de Coordinación de la FI-UNMdP.

### **4.1. Relevamiento del Proceso Actual**

Se efectúa el relevamiento del proceso actual en esta institución que responde a la Resolución de Rectorado (RR) N° 3130/07 y se identifican los actores involucrados en el mismo. El diagrama de flujo que refleja dicha situación se presenta en la Figura 4.

El proceso comienza con la detección de la necesidad de desafectación de un bien por parte del usuario. Si el bien se encuentra en buen estado y puede ser reutilizado en otra área de la FI, se realiza la transferencia correspondiente y el cambio de Responsable Patrimonial.

Si el bien no está en buen estado o no puede ser reutilizado dentro de la FI, se inicia el proceso administrativo de desafectación. Para ello, el Responsable Patrimonial debe completar la planilla de baja especificando nombre y características del bien, número de identificación patrimonial, motivo de desafectación, ubicación actual del mismo, adjuntar un informe técnico elaborado por el usuario del bien y la nota de baja. Si el bien tiene un destino debe ser indicado en la planilla de baja. Los destinos factibles para estos bienes puede ser: venta, transferencia o cesión sin cargo según se establece en la RR N° 3130/07. Esta documentación se envía a la Secretaría de Coordinación de la FI, que se encarga de la confección del expediente de baja y el envío del mismo al Departamento de Patrimonio-Rectorado. En caso de que no se consigne un destinatario, el expediente no puede continuar el proceso de desafectación hasta tanto se resuelva el destino final.

El Departamento de Patrimonio recibe el expediente de solicitud de baja y realiza la verificación administrativa y física del bien. Si no existen inconsistencias, se retiran las identificaciones de la UNMdP, caso contrario, los expedientes se reenvían a la Secretaría de Coordinación de la FI para su corrección. Finalmente, si el bien tiene como destino la venta, se inicia un proceso de licitación llevado a cabo por el Departamento de Suministros-Rectorado. Si el bien es transferido o cedido sin cargo se envía al destino previsto.

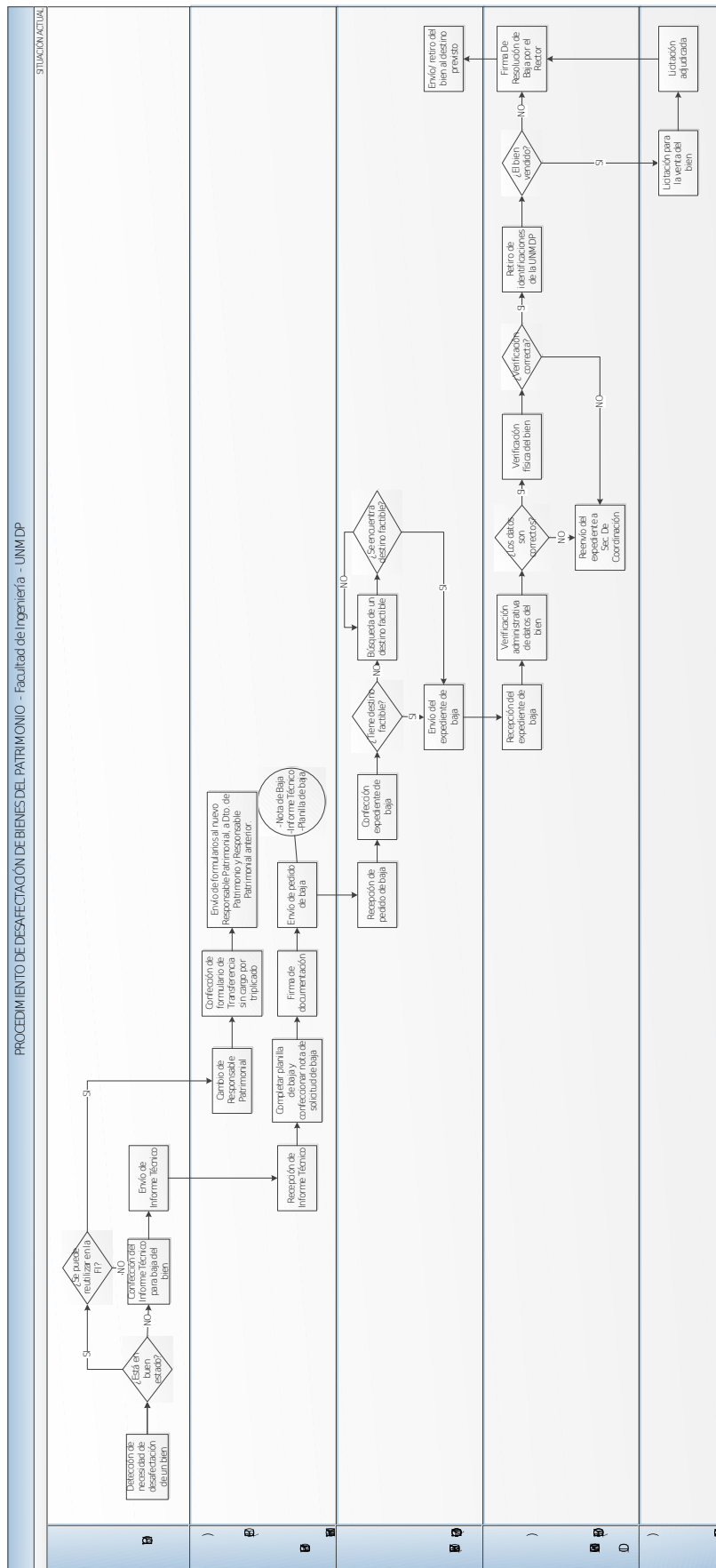


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso actual de desafección de bienes patrimoniales.

#### 4.2. Estructuración del problema

A continuación se presentan los pasos de la Investigación Operativa Soft que permitieron iniciar el proceso de estructuración del problema de la empresa.

Paso 1: Expresar la situación problema. A través de la aplicación de la herramienta de lluvia de ideas los participantes expresaron sus opiniones sobre el proceso actual y se identificaron las siguientes debilidades:

- Excesivo tiempo de demora administrativo en la Secretaría de Coordinación cuando el bien no posee un destino factible consignado.
- El Responsable Patrimonial no siempre indica un destino para el bien.
- Falta de información para los usuarios y/o Responsables Patrimoniales de los posibles destinos que se le pueden asignar al bien.
- El material de rezago no puede ser transferido o cedido sin cargo ya que las instituciones que están habilitadas para recibir estos bienes según la RR N°3130/07, no los aceptarían porque no están en condiciones de reutilizarse.
- El proceso licitatorio para transferir o ceder sin cargo el material de rezago es engorroso y extenso además de no garantizar a la universidad que haya oferentes.
- Los bienes de rezago se encuentran dispersos en las distintas áreas de la FI-UNMdP, generando desorden, riesgos de accidentes para las personas y un deterioro acelerado de los bienes.
- Falta de un tratamiento diferenciado para los distintos tipos de bienes desafectados: reutilizables y de rezago (dentro de los bienes de rezago la problemática principal es la disposición final de los RAEE).

Para cada debilidad se detecta el área de origen y el impacto que genera en el resto de las áreas de la empresa. Dichas relaciones quedan expuestas en la Tabla 1.

Nº	Debilidades	Área origen	Área impactadas
1	Demora administrativa elevada	Sec. de Coordinación	Dto. de Patrimonio Usuarios / Resp. Patrimoniales
2	No se indica destino para el bien	Usuarios / Resp. Patrimoniales	Sec. de Coordinación
3	Falta de información de los destinos factibles para los bienes	Usuarios / Resp. Patrimoniales	Sec. de Coordinación
4	El material de rezago no puede ser transferido o cedido sin cargo por no estar en condiciones de ser reutilizado.	Sec. de Coordinación	Usuarios / Resp. Patrimoniales
5	Proceso licitatorio engorroso y extenso	Dto. de Suministros	Usuarios / Resp. Patrimoniales
6	Los bienes de rezago se encuentran dispersos en las distintas áreas de la FI-UNMdP	Usuarios / Resp. Patrimoniales	Comunidad Educativa
7	Falta de un tratamiento diferenciado para los distintos tipos de bienes desafectados	Sec. De Coordinación	Dto de Patrimonio Usuarios / Resp. Patrimoniales

Tabla 1: Áreas impactadas según las debilidades detectadas

Paso 2: Se realiza un gráfico enriquecido con las debilidades que los actores están enfrentando, para visualizarlas y comprenderlas con mayor profundidad y analizar los impactos que ocasionan sobre las demás áreas. En la Figura 5, se visualizan las áreas involucradas con colores diferentes. Las líneas que salen de cada área representan sus debilidades identificadas con su número correspondiente y finalizan en las áreas impactadas.

Esta gráfica permite visualizar las áreas más impactadas y con mayor número de debilidades.

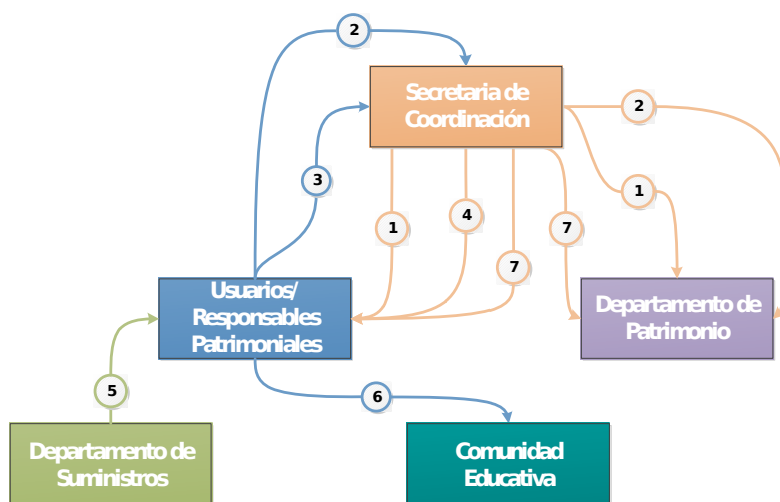


Figura 5: Grafico enriquecido

Paso 3: A partir del paso anterior, los actores del proceso concuerdan en priorizar la reducción de tiempo de demora en la Secretaria de Coordinación cuando el bien no posee un destino factible

consignado, ya que como se puede observar en la figura 5 esta área es la que mayor impacto negativo genera.

Se plantean las siguientes acciones posibles para solucionar la situación problemática:

- 1- Clasificación de los bienes desafectados. Se propone clasificar los bienes en las categorías consignadas en la Figura 6 y la incorporación de este dato a la planilla de baja del bien. Es el Responsable Patrimonial quien debe garantizar la correcta clasificación del bien.

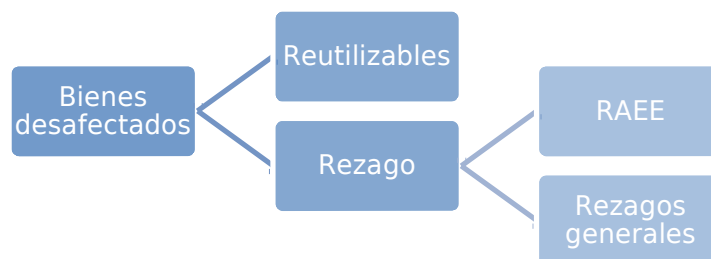


Figura 6: Clasificación propuesta de bienes desafectados.

- 2- Creación de un área responsable de las Relaciones con el Medio que se encargue de establecer vínculos con el entorno a fin de detectar necesidades de uso de los bienes desafectados en la FI- UNMDP en las instituciones habilitadas para recibirlos. La función principal de esta área será la asignación de un destino factible para aquellos bienes que carezcan de uno. Para que esta tarea se realice en un tiempo prudencialmente corto se recomienda el uso de un sistema de información integrado que contenga los datos de los posibles destinatarios y sus necesidades de incorporación de estos bienes. Asimismo, este sistema debería registrar el inventario de bienes desafectados y su categoría de clasificación.

Es de suma importancia la clasificación propuesta porque permitirá definir los posibles destinos finales del bien. Si el bien es reutilizable este puede ser: transferido, cedido sin cargo o puesto a la venta. Si es de rezago, como se explicó anteriormente, no existe un procedimiento eficiente para la disposición final del bien.

- 3- Tratamiento especial para los RAEE: Se propone la búsqueda de una ONG a nivel local, provincial o nacional que se dedique al tratamiento y disposición final de estos bienes. De esta manera, se podrá transferir o ceder sin cargo los RAEE sin los inconvenientes administrativos detectados anteriormente.

En caso de no existir dicha organización, se propone interactuar con organizaciones existentes cuyo objeto de fundación esté relacionado con esta problemática, para que pueda desarrollarse esta nueva actividad de tratamiento y disposición final de RAEE.

Se construye a partir de una lluvia de ideas el CATWOE (Tabla 2)

	Acción 1	Acción 2	Acción 3
Acciones	Clasificación de los bienes desafectados	Creación de un área responsable de las Relaciones con el Medio	Tratamiento especial para los RAEE
Qué	Determinar a qué categoría pertenece el bien	Asignación de un destino factible para aquellos bienes que carezcan de uno	Búsqueda de una organización se dedique al tratamiento y disposición final de estos bienes
Cómo	Análisis del tipo de bien y su estado al momento de la desafectación (informe técnico)	A partir de la clasificación de los bienes y sus destinos factibles determina los posibles destinatarios mediante un sistema de información integrado.	Realizar un estudio de posibles organizaciones que pueden realizar la disposición final de RAEE
Porqué	Para definir los posibles destinos finales del bien	Para detectar necesidades de uso de los bienes desafectados sin destino en instituciones habilitadas para recibirlos	Para transferir o ceder sin cargo los RAEE
C	Dto. de Patrimonio, Usuarios / Resp. Patrimoniales y Sec. De Coordinación	Usuarios / Resp. Patrimoniales	Dto. de Patrimonio, Usuarios / Resp. Patrimoniales y Sec. De Coordinación
A	Dto. de Patrimonio Usuarios / Resp. Patrimoniales, Sec. De Coordinación y Sec. de Patrimonio	Usuarios / Resp. Patrimoniales y Sec. De Coordinación	Dto. de Patrimonio, Usuarios / Resp. Patrimoniales, Sec. De Coordinación y Comunidad Educativa
T	Determinación de la categoría del bien	Determinación del destino final del bien	Disposición final de RAEE
W	Disminuir los tiempos de demora	Disminuir los tiempos de	Disminuir los RAEE en la FI-

	del proceso	demora del proceso	UNMDP
<b>O</b>	Dto. de Patrimonio Usuarios / Resp. Patrimoniales y Sec. De Coordinación	Usuarios / Resp. Patrimoniales y Sec. De Coordinación	Dto. de Patrimonio y Dto. de Suministros
<b>E</b>	Disponibilidad de personal capacitado para realizar el informe técnico y la clasificación.	Disponibilidad de presupuesto para la creación de esta área.	Disponibilidad de organizaciones que estén habilitadas realizar una disposición final de RAEE.

Tabla 2: CATWOE

Paso 4: El equipo de trabajo define el conjunto de tareas necesarias para implementar las acciones especificadas en el paso anterior, con el objetivo de solucionar la situación problemática. Se presentan los modelos conceptuales en las Figuras 7, 8 y 9 para las acciones 1, 2 y 3 respectivamente.

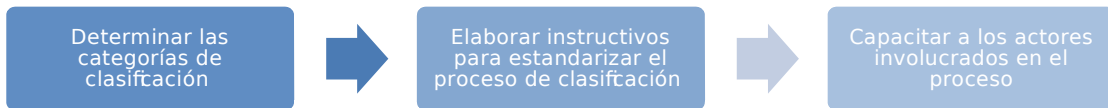


Figura 7: Modelo conceptual de la Acción 1

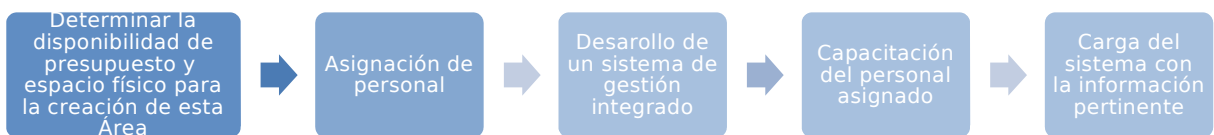


Figura 8: Modelo conceptual de la Acción 2



Figura 9: Modelo conceptual de la Acción 3

Pasos 5 y 6: Se analiza el proceso actual y en base a las acciones definidas en los pasos anteriores se propone un proceso mejorado para la desafectación de bienes, cuyo diagrama se muestra en la Figura 10. En verde se destacan las etapas del proceso con modificaciones.





## 5. CONCLUSIONES

Se implementa la técnica de Investigación Operativa Soft en la resolución de un problema real de una institución de educación superior. Esta metodología de trabajo participativa para la estructuración de problemas permite que las personas se involucren y participen en la definición del problema generando en forma consensuada la o las mejores alternativas para solucionarlo.

A partir del análisis realizado al proceso de desafectación de bienes patrimoniales de la FI-UNMdP se pudieron identificar las dificultades que se presentan actualmente en su ejecución. Se evidencian demoras en el proceso no compatibles con el tiempo de recambio de los bienes tecnológicos necesarios para desarrollar las actividades en la institución. La falta de clasificación de los bienes trae aparejado un tratamiento no diferenciado y se traduce en una ineficiente gestión de desafectación. Las propuestas presentadas apuntan a mitigar las problemáticas detectadas, mejorar la gestión de los RAEE y hacerla sostenible en el tiempo dentro de la institución.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Amaya, Luis F. (2009). La automatización industrial: generadora de Residuos Industriales. Universidad Externado de Colombia. Bogotá.
- [2] Deepali, S. Widmer, R. Kuehr, R. & Huisman, J. (2011). One WEEE, many species: lessons from the European experience. *Waste Management & Research: The Journal of the International Solid Waste and Public Cleansing Association, ISWA*, 29 (9), 954-62
- [3] Molina, N. Osorio, E. (2007). Planificación, Reciclaje y Tratamiento de residuos tecnológicos en el Municipio de La Dorada- Caldas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.
- [4] Queiruga, D. González, B. & Lannelongue, G. (2012). Evolution of the electronic waste management system in Spain. *Journal of Cleaner production*, 24, 56-65.
- [5] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. España: Boletín Oficial de España - BOE. Recuperado de: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-1762](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-1762)
- [6] Guajardo, A., Prósperi, S., Tonidandel, C., Alicantú, S., Maggioni, R. & Julián, F. (2010) Generación de RAEE en San Rafael, Mendoza. *Revista Ciencia y Tecnología* Nro. 10, Edición Especial. ISSN (en línea): 2344-9217
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2015). Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina. Basilea: UIT. Recuperado de: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf)
- [8] Step (2014). Iniciativa Step Solving the E-waste Problem. Recuperado de <http://www.stepinitiative.org/>.
- [9-10] Valqui Vidal, R. (2010). La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario". *Operational Research: A multidisciplinary Field*, pp. 47-52.
- [11] Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research* 36, 1-13.
- [12] Checkland P. (1989). Soft systems methodology. In: Rosenhead J (ed) *Rational analysis for a problematic world*.

# Desarrollo y Proyección del Parque Industrial de Pilar: Hacia la necesidad de una organización en redes eco-industriales.

Chinni, Guillermo Andrés

*Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.  
Champagnat 1599, Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5,  
B1630AHU Pilar, Buenos Aires, Argentina.  
chinni.guillermoandres@usal.edu.ar*

## Resumen

La bibliografía internacional hace referencia a los parques eco-industriales como un modelo de gestión basado en los principios de una economía circular, donde al igual que en un ecosistema natural, las diversas industrias y participantes de un área determinada se integran en una cadena de valor donde fluyen tanto la energía como los insumos necesarios y cada eslabón obtiene algún beneficio o sinergia al formar parte de ese sistema.

El crecimiento de los parques industriales en la Argentina durante los últimos ocho años plantea la necesidad de adoptar un nuevo modelo de organización, como puede ser el de redes eco-industriales (*eco-industrial networks*), el cual se orienta a buscar soluciones innovadoras para las problemáticas ambientales y de negocios.

Se ha tomado el parque industrial de Pilar como caso de estudio preliminar a los fines de incorporar un modelo de gestión eco-industrial que resuelva las problemáticas ambientales, así como de eficiencia.

**Palabras Claves:** simbiosis Industrial, redes eco-industriales, redes de involucrados, eco- parques eco-industriales, economía circular.

## Abstract

The international bibliography refers to eco-industrial parks as a management model based on circular economy principles, where, as in a natural ecosystem, several industries and participants of a given area are integrated into a value chain where energy and necessary inputs flow, and each element obtains some benefit or synergy by being part of that system.

The growth of industrial parks in Argentina during the last eight years raises the need to adopt a new organizational model, such as eco-industrial networks, which is aimed to finding innovative solutions for environmental and business problems.

The Pilar industrial park has been taken as a preliminary study case in order to incorporate an eco-industrial management model that solves environmental and improves efficiency.

**Key words:** Industrial symbiosis, eco-industrial networks, network of actors, eco-industrial parks, circular economy.

## 1. Introducción

Los problemas relacionados con la sustentabilidad abarcan una compleja red de actores que comprenden empresas, consumidores, instituciones y organismos gubernamentales que pretenden colaborar y responder a los problemas brindando soluciones [1].

Las industrias no suelen lograr los objetivos de sustentabilidad de manera aislada. Las organizaciones están integradas en redes de relaciones, las cuales pueden ser redes sociales, redes de profesionales, redes de empresas o bien redes para intercambio con interesados o afectados [2] (citado en [3]).

Este trabajo tiene como principal temática analizar y desarrollar el concepto de interacción de redes entre organizaciones e individuos, lo cual se considera un concepto superador a la tradicional acción particular de uno o pocos actores para lograr un fin; en cambio, se propone avanzar en el desarrollo de un modelo en red. Esta tendencia se ha estudiado en el ámbito internacional bajo conceptos como *network of actors* y *eco-industrial networks*, entre otros, los cuales ofrecen el potencial de avanzar en materia de sostenibilidad ambiental por medio de cuatro aspectos [3]:

- 1) redes de simbiosis,
- 2) redes de suministro sostenibles,
- 3) redes de problemas ambientales y
- 4) redes de soluciones medioambientales.

Del análisis de la bibliografía internacional se plantea la posibilidad de aplicar un nuevo sistema de gestión en redes para los parques industriales de la Argentina. Se propone adoptar este modelo en áreas como la del Parque Industrial de Pilar, bajo un concepto de redes eco-industriales.

El parque industrial de Pilar, así como las zonas económicas especiales, han desempeñado un papel importante en el crecimiento económico de muchas naciones desarrolladas y en vías de desarrollo, como son los casos de Bangladesh, Brasil, India, República de Corea, Tailandia, Turquía y Vietnam [4]. Estas zonas proporcionan infraestructura y servicios de negocio según las necesidades de cada zona. Se han convertido en un modelo de éxito para la creación de empleo a gran escala, la transferencia de conocimientos y tecnología, la diversificación de las exportaciones y el desarrollo industrial liderado por la inversión extranjera directa. En la próxima era de desarrollo industrial, la sostenibilidad y el crecimiento eco-industrial juegan un papel primordial en la minimización de riesgos ambientales y sociales, además de la generación de beneficios para las empresas. Resulta necesario en el contexto actual hacer frente a los retos medioambientales y ecológicos, conservando el rol de estos centros de producción y crecimiento [4].

El crecimiento proyectado en áreas industriales para los próximos años plantea interrogantes ante las actuales y futuras necesidades en materia de recursos energéticos, consumo de agua, gestión de residuos y logística, razón por la cual se propone el abordaje de estas problemáticas con un nuevo modelo de organización, control y mejora en la gestión de los recursos, es entonces que se analizar la posible adopción de un modelo de gestión orientado hacia una economía circular, en redes eco-industriales, entre los actores involucrados y mencionadas en la bibliografía como *Industrial symbiosis*, *circular economy*, *network of actors*, *eco-industrial networks*. La aplicación de este concepto o modelo de gestión podría evitar hechos irreversibles en materia ambiental, podría reducir riesgos que impidan el crecimiento sustentable de los negocios por falta de recursos, o bien abordar problemáticas ambientales, legales y organizativas.

En la bibliografía especializada se hallaron antecedentes y casos que podrían resolver las problemáticas actuales en materia de gestión de parques industriales. Estas necesidades se establecieron por medio de análisis bibliográfico, así como en trabajos preliminares de campo con entrevistas a los principales actores, fundadores del parque industrial de Pilar, así como en la Cámara del Parque Industrial de Pilar, Consorcio del Parque Industrial de Pilar y el municipio de Pilar.

## 2. Metodología

El diseño principal de la investigación se basó en la indagación bibliográfica, principalmente de origen internacional, dado que el objeto de investigación son los sistemas de gestión en redes eco-industriales, un ámbito novedoso, todavía no utilizada ampliamente en los parques industriales de la Argentina.

Como diseño complementario, a los fines de arribar a posibles aplicaciones en el país, se realizaron estudios de casos y propuestas de aplicación. El análisis de casos permite establecer las principales concepciones en materia de gestión ambiental e industrial para determinar los fundamentos y principales ventajas de adoptar un modelo de parques eco-industriales.

La búsqueda de bibliografía se realizó por medio de la plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT), la cual indexa contenidos en los principales catálogos de publicaciones científicas, para lo cual se ha hecho especial énfasis en aquellas

publicadas desde 2016 en adelante; no obstante, se encontraron algunos trabajos previos también.

La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología tiene acceso desde instituciones habilitadas, a través de Internet al texto completo de 22.956 títulos de revistas científico-técnicas, 29.519 libros, 3.164 estándares, 19.011 conferencias y congresos, y a bases de datos referenciales de gran valor para la comunidad científica [5].

Se emplearon palabras claves como *Industrial symbiosis* (simbiosis Industrial), *eco-industrial networks* (redes eco-industriales), *network of actors* (Redes de involucrados), *eco-industrial parks* (parques eco-industriales), *circular economy* (economía circular).

En los casos dónde resultó posible, se enviaron consultas a los referentes del Parque Industrial de Pilar.

### 3. Parques Industriales y redes eco-industriales

#### 3.1. Antecedentes de parques industriales

En la Argentina hay 405 parques industriales, donde casi el 50% de fue creado en los últimos ocho años [6].

En el marco nacional, el nuevo Código Civil y Comercial de la Nación [CCyCo Ley 26.994, artículos 2073 a 86, 1 agosto del 2015] incluye la creación del derecho real de conjuntos inmobiliarios como un derecho de propiedad horizontal especial; de esta manera, se comprende también a los parques industriales y se establece una nueva regulación específica que obliga a este tipo de emprendimientos a readecuarse al régimen de propiedad horizontal (PH).

El régimen de creación y funcionamiento de agrupamientos Industriales se especifica en los ámbitos de cada jurisdicción provincial. En la Argentina, 14 provincias tienen leyes de parques industriales [6].

Para el caso de la provincia de Buenos Aires, la Ley 13.744 y las modificaciones introducidas por la Ley 14.792 establecen el régimen de creación y funcionamiento de Agrupamientos Industriales [7].

Estas áreas especiales se tipifican en categorías, pudiendo variar según las leyes provinciales. Para el caso de la provincia de Buenos Aires se describen las siguientes [8]:

- a) Parque Industrial.
- b) Sector Industrial Planificado.
- c) Área de Servicios Industriales y Logística.
- d) Incubadoras de Empresas.
- e) Unidades Modulares Productivas.
- f) Parque Industrial Pequeño y Mediano.

En la provincia de Buenos Aires se ha establecido poco menos del 40% de los emprendimientos industriales de la Argentina, con 150 parques industriales en 4.000 hectáreas [6].

##### 3.1.1. El Parque Industrial de Pilar

El parque Industrial de Pilar es considerado uno de los más grandes de Latinoamérica, dado que trabajan 20.000 personas [6] se encuentran 220<sup>1</sup> empresas; posee una ocupación del 80,37%<sup>2</sup>, el 16,49%<sup>3</sup> de terrenos están vacantes y 3,14%<sup>4</sup> de las parcelas están en construcción. Desde sus orígenes fue catalogado como el parque industrial con mayor potencial y envergadura de la Argentina [9].

El parque industrial de Pilar, según consta en las actuaciones notariales del Consorcio de Propietarios del mencionado parque, fue aprobado por decreto del Poder Ejecutivo de la provincia de Buenos Aires el 1 de Noviembre de 1978 [10]. No obstante, su origen se remonta al año 1973, con la generación del plano de Geodesia, donde a partir de una la subdivisión realizada por Lago

1 (Santiago Bonfanti [Comunicación personal]. 13 de agosto de 2018)

2 (Santiago Bonfanti [Comunicación personal]. 13 de agosto de 2018)

3 (Santiago Bonfanti [Comunicación personal]. 13 de agosto de 2018)

4 (Santiago Bonfanti [Comunicación personal]. 13 de agosto de 2018)

Verde S.A., se destina una fracción rural de 920 hectáreas, entre el río Luján y el arroyo Burgos, sobre una base de 200 parcelas, con potencial para llegar hasta las 300 parcelas [11].

Dado que en el parque industrial de Pilar son admitidas las industrias categorías 1 a 3 de Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.), a excepción de curtiembres, cementeras y frigoríficos con faena [11], ciertos riesgos medioambientales y de gestión se fueron presentando a partir del progresivo crecimiento del parque, así como de las nuevas urbanizaciones privadas y públicas de la localidad de Pilar.

El Nivel de Complejidad Ambiental indica las características particulares de un proyecto o establecimiento industrial en su interacción con el ambiente que lo rodea, donde la ley 11.459 contempla que los establecimientos industriales sean de una de las tres categorías previstas, según el siguiente alcance [12,13]:

1. Primera categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideran inocuos porque su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad e higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente.
2. Segunda categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideran incómodos porque su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.
3. Tercera categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.

El recurso agua presenta serias limitaciones en la zona industrial de Pilar, así como en los sectores urbanos de esta localidad. Se detectaron problemáticas relacionadas con el uso del agua, como riesgos de contaminación, alteración de napas freáticas, alta demanda estival y mal encamisado de los pozos. Piaggio y Herrero [14], en monitoreos realizados en el acuífero Puelches entre diciembre de 2011 y abril de 2012, tanto en el Parque Industrial de Pilar como en zonas aledañas, determinaron una inadecuada o inexistente gestión del recurso hídrico subterráneo, ocasionando un importante descenso de los potenciales hidráulicos del acuífero Puelches, conformando un cono de depresión y afectando la dinámica del recurso hídrico con el aumento de varios riesgos asociados, como ser: incremento de filtración vertical, inversión del flujo subterráneo, contaminación directa inducida, disminución de la disponibilidad de agua para otros usos no industriales y disminución de la calidad del agua para todo uso.

El suministro energético es otro recurso crítico asociado a los emprendimientos industriales de gran envergadura, como es el caso del mencionado parque de Pilar. En la actualidad se han desarrollado sub-estaciones, pero todavía sin considerar el uso de energías renovables, como lo determina la ley Ley 27.191, la cual tiene por objetivo que la contribución de fuentes de energía renovables alcance el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional para el 2018 y del 20 por ciento (20%) para el 2025, año en el cual se propone alcanzar los 10 mil megavatios [15]. Tampoco se han contemplado los beneficios del Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública [16], el cual posibilita a individuos, empresas e instituciones integrarse al mercado energético.

### **3.2. Fundamentos y casos de redes eco-industriales.**

La bibliografía internacional hace referencia a los parques eco-industriales como un modelo de gestión basado en los principios de una economía circular, donde al igual que en un ecosistema natural, las diversas industrias y participantes se integran en una cadena de valor donde fluyen tanto la energía como los insumos necesarios y cada eslabón obtiene algún beneficio o sinergia al formar parte de ese sistema [17].

Un parque eco-industrial (PEI) es un tipo especial de parque industrial, en el cual las empresas intentan cooperar entre sí para reducir los desperdicios y la contaminación, compartir recursos de manera eficiente (por ejemplo, materiales, energía, agua, etc.) y donde también se ayuda a lograr un desarrollo sostenible con el objetivo de aumentar ganancias económicas y mejorar la calidad ambiental [18].

Autores como Patala *et al.* [3] identificaron cuatro formas de redes eco-industriales:

- 1) redes de simbiosis,
- 2) redes de suministro sostenible,
- 3) temáticas medioambientales,
- 4) redes de soluciones medioambientales.

La gestión en redes eco-industriales resalta posible por medio de un software para la toma de decisiones, donde primero se construyen índices representativos basados en los elementos críticos, ambiente, economía, aspectos sociales, así como gestión o gerenciamiento; luego, éstos índices se monitorean para la toma de decisiones, como es el caso de experiencias realizadas en el parque eco-industrial Jiangsu, en China, país que desde el año 2011 cuenta con 30 parques con orientación eco-industrial [17].

Diversos trabajos han aportado métodos cuantitativos por medio de fórmulas y modelos matemáticos para demostrar que la alianza entre las industrias conduce a una mayor ganancia total e individual, en comparación con el caso de que cada industria trabaje de manera independiente [19] (citado en [18]).

La concepto de modelo eco-industrial basado en la cooperación voluntaria y la certificación de terceras partes fue regulado durante el año 2009 en Toscana, Italia, con el objetivo principal de prevenir la contaminación [20].

Experiencias realizadas en Lumpun [21], Tailandia, demostraron que la aplicación de un modelo de gestión eco-industrial fue útil para determinar los principales riesgos y aspectos prioritarios a tratar en una comunidad industrial y urbana; sin embargo, en cuanto a las acciones específicas y su continuidad, los industriales percibieron que se los obligaba a cooperar en ciertas actividades, perdurando la noción de que la comunidad toma y la industria da sólo en beneficio mutuo, originando así desconfianza entre los actores. En este caso, las inversiones en aspectos verdes o en eco-actividades fueron consideradas como un gasto extra por los industriales, dado que no hubo reducciones o mejoras impositivas relacionadas con esas nuevas inversiones.

#### 4. Resultados y Discusión.

Las zonas industriales se planificaron originalmente como áreas específicas para desarrollar negocios, integrar servicios y promover la creación de empleo, con lo cual la creación de estas áreas ha promovido hechos positivos para las comunidades involucradas. Sin embargo, el marcado crecimiento que ha tenido el parque industrial de Pilar durante las últimas décadas (ver Tabla 1), así como la creación de nuevas áreas industriales en otras localidades de la Argentina, presentan el desafío de incorporar modelos de gestión que eviten el deterioro de los recursos naturales, preserven la salud de las personas y a la vez generen sinergia en los negocios.

Evidencias encontradas en la bibliografía, así como en monitoreos zonales, muestran que la demanda descontrolada de recursos críticos ha deteriorado napas freáticas, afectando así a su funcionamiento y calidad.

La zona de influencia del parque industrial de Pilar se ha ampliado a zonas aledañas, tal como se muestra en la Figura 1, con lo cual el uso de recursos y la logística asociada necesitan ser gestionadas bajo un nuevo modelo que evite colapsos, prevenga riesgos y reduzca pérdidas en los negocios.

La complejidad de los problemas tratados en este trabajo determina la necesidad de seguir avanzando en nuevas investigaciones y propuestas de consenso y/o control para la implementación de un modelo eco-industrial en áreas como la del parque industrial de Pilar.

La hipótesis de trabajo para desarrollar futuros mecanismos de gestión se podría plantear en formatos donde pueda haber una tercera parte, quizás no gubernamental, que haga de auditora de un sistema de gestión previamente acordado. Esta institución específica, de carácter técnico, con poder de control y sanción, debería tener recursos específicos humanos, tecnológicos y legales para poder actual en forma directa o bien acelerar acciones de terceros para evitar hechos riesgos e ineficientes. Se propone continuar desarrollando esta hipótesis de trabajo en próximas investigaciones.

Tabla1: Crecimiento del parque industrial de Pilar.  
Elaboración propia en base a referencias.

<b>Año</b>	<b>Cantidad de lotes/industrias</b>	<b>Referencias</b>
1973	inicio	[11]
1975-76	26 lotes vendidos	[9]
1977-79	34 industrias	[22]
1983	36 industrias	[23]
1994	66 industrias	[11]
1998	109 industrias	[11]
1999	141 industrias (117 instaladas+24 en construcción)	[24]
2007	175 industrias	[24]
2017-18	220 industrias	Bonfanti, S. [c.

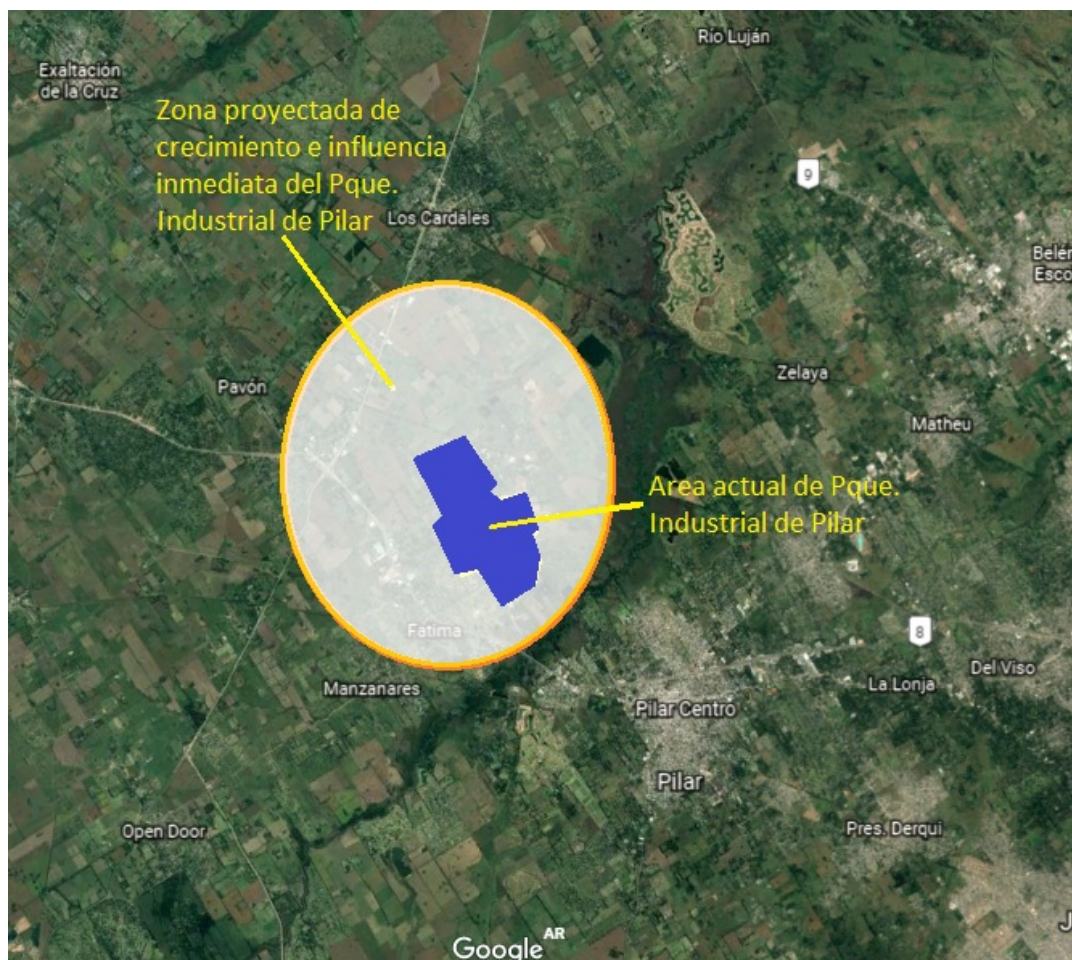


Figura 1: Estimación aproximada de área de influencia del parque industrial de Pilar.

## 5. Conclusiones

La aplicación de un sistema de gestión eco-industrial en zonas como Pilar se presenta como una alternativa innovadora para integrar las necesidades de los principales actores, reducir los riesgos medioambientales y hacer de los negocios sistemas más eficientes; sin embargo, al igual que en el caso de Lumphun [21], Tailandia, resulta necesario realizar nuevas investigaciones sobre cómo generar mecanismos de control y/o confianza entre las partes interesadas, para esta manera equilibrar los beneficios entre los principales actores.

## 6. Referencias

- [1] Wittneben, B.F.; Okereke, C.; Banerjee, S.B.; Levy, D.L. (2012). "Climate change and the emergence of new organizational landscapes". *Organ. Stud.* 33 (11), 1431e1450.
- [2] Ahuja, G.; Soda, G.; Zaheer, A. (2012). "The genesis and dynamics of organizational networks". *Organ. Sci.* 23 (2), 434e448.
- [3] Patala, S.; Hämäläinen, S.; Jalkala, A.; Pesonen, H.L. (2014). "Towards a broader perspective on the forms of eco-industrial networks". *Journal of Cleaner Production*, vol. 82, pp. 166-178.
- [4] Kechichian, Etienne Raffi; Jeong, Mi Hoon. 2016. *Mainstreaming eco-industrial parks : conclusions from the eco-industrial park 2015 event in Seoul (English)*. Washington, D.C. : World Bank Group. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/965391469043801584/Mainstreaming-eco-industrial-parks-conclusions-from-the-eco-industrial-park-2015-event-in-Seoul>. Consulta 20/11/2017.



- [5] Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. Disponible en: <http://www.biblioteca.mincyt.gob.ar>. Consulta 1/3/2018 al 30/3/2018.
- [6] Red Parques. EPIBA: Exposición de Parques Industriales de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en [https://issuu.com/redparques/docs/epiba\\_2018\\_catalogo\\_digital](https://issuu.com/redparques/docs/epiba_2018_catalogo_digital). Consulta 1/8/2018 al 5/8/2018.
- [7] Legislación de la Pcia. de Buenos Aires. Ley 13.744. Disponible en: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13744.html>. Consulta 2/7/2018.
- [8] Legislación de la Pcia. de Buenos Aires. ARTICULO 2, Texto según Ley 14792. Disponible en: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13744.html>. Consulta 3/7/2018.
- [9] Wynne-Roberts, C.R.. (1976). "Evaluation report on industrial estates No. 8 Argentina". *United Nations Industrial Development Organization*. p.p 39, ID/WG. 231/14. 30 Nov.
- [10] Reglamento del Consorcio del Parque Industrial de Pilar. Actuación Notarial 276747.
- [11] Bonfanti, S.; Briano, L. (2015). "Comisión Económica Para América Latina y RL Caribe (CEPAL)". *Publicación Serie Gestión Pública Nro. 8, p.p 41 a 44. Pilar le vedette de los Parques Industriales*.
- [12] Estructplan. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1033>. Consulta 4/7/2018.
- [13] Legislación de la Pcia. de Buenos Aires. Ley 11.459, CAPÍTULO III, ARTÍCULO 15. Disponible en: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11459.html>. Consulta 5/7/2018.
- [14] Piaggio, S. H.; Herrero, A. C. (2012). "Impacto de la dinámica del acuífero Puelches generados por las industrias del Parque Industrial de Pilar (PIP)". *Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto del Conurbano (2011 y 2012)*.
- [15] Ministerio de Energía. RenovAr. Plan de Energías Renovables, Argentina 2016-2025. Disponible en: [https://www.minem.gob.ar/servicios/archivos/6548/AS\\_14695676441.pdf](https://www.minem.gob.ar/servicios/archivos/6548/AS_14695676441.pdf). Consulta 10/3/2018.
- [16] Senado de la Nación Argentina. 30/11/2017. CD39\_17PL. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Disponible: [www.senado.gov.ar/parlamentario/parlamentaria/398952/downloadPdfDefinitivo](http://www.senado.gov.ar/parlamentario/parlamentaria/398952/downloadPdfDefinitivo). Consulta 5/3/2018.
- [17] Wenbo, L. (2011). "Comprehensive evaluation research on circular economic performance of eco-industrial parks". *Energy Procedia* 5, 1682–1688.
- [18] Gu, C.; Leveneur, S.; Estel, L.; Yassine, A. (2013). "Modeling and optimization of material/energy flow exchanges in an eco-industrial park". *Energy Procedia* 36, 243 – 252.
- [19] Huang, J.J. et al. (2010). "A multi-objective programming model for partner selection-perspectives of objective synergies and resource allocations". *Expert Systems with Applications*, 37: 3530–3536.
- [20] Daddi, T. et al. (2016). "Regional policies and eco-industrial development: the voluntary environmental certification scheme of the eco-industrial parks in Tuscany (Italy)". *Journal of Cleaner Production* 114, 62e70.
- [21] Panyathanakun, V. et al. (2012). "Preliminary Study on the Community-Based-Eco-Industrial Estate Development of Northern Region Industrial Estate, Thailand". *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 40, 478 – 484.
- [22] Municipalidad de Pilar. (1977-79). Expedientes de Industrias con autorización para radicarse en el Parque Industrial.
- [23] Asamblea Extraordinaria del Centro Administrativo del Parque Industrial de Pilar. 29 de noviembre de 1983.
- [24] Bonfanti, S.; Briano, L. (2015). "La expansión y la consolidación del Parque Industrial de Pilar en un contexto de reestructuración heterogénea del sector industrial argentino (1991-2007)". *Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires. Distrito V Mercedes. ZONA 3 (TZ). IDAES-UNSAM, Maestría en Sociología Ambiental*.

## Agradecimientos

El autor agradece a las siguientes personas por su colaboración: Roberto R. Rodríguez, Nadia J. Peretti, Melina S. Porta, Santiago Bonfanti, Natalia Tosca, Jorge R. Chinni, Cámara del Parque Industrial de Pilar, Consorcio del Parque Industrial de Pilar y Municipalidad de Pilar.



# APLICACIÓN DE LA LEY N° 27424/17 BALANCE ENERGETICO Y CONVENIENCIA DE USO DE INSTALACIONES DE ENERGIA RENOVABLE A TRAVÉS DE PANELES SOLARES EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

Trucco, Guido Alejandro\*; Cedrón, Mario Nicolás; Rolón, Hugo Oscar; Pavlicevic, Juan.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.  
Camino de Cintura y Juan XXIII (1832) Lomas de Zamora, Argentina – guidotrucco@hotmail.com*

## RESUMEN.

Es un hecho que a nivel mundial el aumento del consumo energético trae aparejado una mayor utilización de recursos de origen fósil debido a la fuerte dependencia de los países de la generación eléctrica térmica. Como respuesta a este contexto, Argentina realiza esfuerzos para lograr una fuerte reducción de consumos energéticos, así como para migrar paulatinamente a una matriz de generación con una componente renovable más fuerte, requiriendo un fuerte involucramiento de todas las partes interesadas para lograr estos objetivos. Por tal motivo, la Universidad Nacional de Lomas de Zamora llevó a cabo un análisis comparativo entre el consumo actual de energía eléctrica en el Campus y la resultante de abastecer parte de sus consumos a través de energía renovable de tipo solar, con el propósito de lograr una reducción del consumo de origen tradicional e implementar la posibilidad de entregar a la red el excedente de la energía generada y no consumida que será adecuado gracias a la puesta en vigencia de la Ley Nacional 27.424 para Generación Distribuida.

Además, esta instalación proveerá a la Institución de una fuente renovable de generación que permitirá no solo la producción de energía eléctrica "per se" sino también la concientización en el uso de este tipo de tecnologías, la importancia de la eficiencia energética y la capacitación en la operación y mantenimiento de estos equipamientos.

**Palabras Claves:** generación distribuida, energías renovables, eficiencia energética, medio ambiente, universidad.

## ABSTRACT

It is a fact that in global basis, the increase in energy consumption entails a greater use of fossil origin resources due to, mostly, the strong dependence of the countries on thermal electric generation. In response to this context, Argentina makes efforts to achieve a strong reduction in energy consumption, as well as to gradually migrate to a generation matrix with a stronger renewable component, requiring more intense involvement of all interested parties to achieve these objectives. For this reason, the National University of Lomas de Zamora carried out a comparative analysis between the current energy consumption in the Campus and the remaining energy result of supplying a percentage of this consumption through solar-type renewable energy, in order to achieve a reduction in the utilization of electricity produced by the traditional ways and to study the possibility of delivering the generated energy surplus that was not consumed to the power grid by applying the National Law 27.424 for Distributed Generation.

This facility will provide the Institution with a renewable source of power that will allow not only the production of electric power "per se" but also will lay the ground to start discussing the use of this type of technologies, the importance of energy efficiency and give training in the operation and maintenance of these equipments.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora (en adelante UNLZ) es una Institución Educativa que funciona desde el 13 de octubre de 1972 y posee un complejo de aproximadamente 100 hectáreas situado en la intersección de Juan XXIII y Camino de Cintura perteneciente al partido de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tiene un promedio de 9 mil ingresantes por año y alrededor de 45 mil alumnos regulares en las Facultades de Ingeniería, Derecho, Ciencias Sociales, Ciencias Económicas y Agronomía con una extensa oferta de carreras de grado y postgrado. Cuenta con instalaciones administrativas, de rectorado, deportivas, radiales y un gran número de laboratorios de distinta índole. Con un recurso humano de más de 2300 personas esta Universidad constituye un establecimiento educativo fundamental para el desarrollo académico de los habitantes de la zona sur del conurbano bonaerense. [1]

Hace varios años la Argentina viene proyectando incorporar en su matriz energética un aumento importante de generación de energía a través de componentes renovables, para ello en el 2006 se sancionó la ley 26.190 sobre Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía la cual establecía una meta del 8% de fuentes renovables en la matriz de generación proyectada para el 2016. Lamentablemente por motivos socio-económicos no se pudo cumplir con dicha meta. Por tal motivo en el 2015 fue aprobada la ley 27.191 (reformando a la Ley 26.190) [7] extendiendo al 31 de diciembre del 2017 el objetivo de tener una matriz de generación con el 8% de energías renovables, estableciendo también para grandes consumidores la obligación de sustituir el 30% de su energía por renovables en los próximos 5 años siendo objeto del Decreto Reglamentario 531/2016. [8]

Hacia fines de 2017 se sancionó la Ley Nacional 27.424, que fija el Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable destinada a la Red Eléctrica Pública, la misma define en su artículo 1° que dicha ley *“tiene por objeto fijar las políticas y establecer las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red, y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincias”*. [6] En su artículo 7° la ley establece que *“La autoridad de aplicación efectuará un estudio gradual de los edificios públicos nacionales existentes y propondrá al organismo del que dependen la incorporación de un sistema de eficiencia energética, incluyendo capacidad de generación distribuida a partir de fuentes renovables de acuerdo a los mecanismos aquí previstos”*. Desafortunadamente, dicha ley aún se encuentra en etapa de Reglamentación bajo el Decreto 1075/2017.

En virtud de lo expuesto, la Dirección de la UNLZ comenzó a plantearse la necesidad de incorporar fuentes de energías renovables como respuesta a los cambios que se planteaban en la matriz energética, así como también en la situación socio-económica de nuestro país. Algunas de las circunstancias que llevaron a tomar dicha decisión, fueron:

- Creciente consumo energético del Campus
- Cambios en la manera actual de gestionar los recursos energéticos tendientes a la disminución de consumos energéticos y aseguramiento de la sustentabilidad ambiental.
- Cambios comportamentales en la sociedad enfocados al cuidado del medio ambiente y los recursos no renovables.
- Cambios en la normativa legal del país debido a la aprobación de la ley 27.191. [7]
- Aumento de las tarifas del servicio eléctrico.
- Incremento de los cortes en el suministro de energía eléctrica por parte del distribuidor.

Por estos motivos, en el año 2017 (declarado como “Año de las Energías Renovables”) [2] la Dirección de la UNLZ solicita a la Facultad de Ingeniería realizar un estudio para asegurar que parte de la energía consumida por la Institución fuera proveniente de fuentes renovables y en paralelo evaluar y realizar proyectos para disminuir los consumos energéticos del complejo.

A fin de dar respuesta, se llevó a cabo un estudio energético de análisis comparativo, entre el consumo energético actual y el beneficio de ahorro que se lograría en el caso de instalar en el Campus, fuentes de energías renovables, teniendo la posibilidad que ofrece la ley 27.424 de inyectar el excedente de lo generado a la red y que la empresa distribuidora lo compense a un precio similar al que vende la misma. [6]

Los beneficios de inyectar el excedente a la red mediante el esquema de facturación por balance neto que establece la Ley, permitirá obtener mejores retornos al usuario. En el momento que se genere mayor energía a la consumida, el excedente pasará a la red eléctrica general. Por otro lado, en los momentos en el que se necesite energía eléctrica y el sistema de generación renovable no esté funcionando, se podrá tomar de la red eléctrica la energía que se necesita. En este esquema, no es necesaria una batería donde se almacena la energía, sino que emplea la red eléctrica como soporte para los momentos en los que no se puede autoabastecerse de energía renovable.

Todas las inyecciones de energía a la red, así como la cantidad que se toma de la misma serán contabilizadas por un contador (Medidor) de doble sentido (bidireccional). Finalizado cada día (o el periodo establecido) se contabiliza la diferencia entre la energía que se ha inyectado a la red y la que se ha tomado de la misma. Si se ha consumido más energía de la red que la que se ha inyectado, la compañía eléctrica cobrará la diferencia, con un recibo normal.

En cambio, si se ha inyectado más energía de la que se ha consumido, la compañía eléctrica deberá compensarle de manera adecuada, ya sea “guardando” el saldo favorable de energía para que, en los periodos menos favorables de producción eléctrica del año, se pueda hacer uso de la misma “recuperándola”, como compensándolo económicamente. Será la reglamentación o los acuerdos alcanzados con la compañía de distribución los que determinen estos puntos. [9]

Los beneficios de implementar instalaciones bajo las condiciones de la ley 27.424 [6] se pueden resumir en:

1. Ahorro económico: derivado de la generación de energía para autoconsumo, lo cual implica un ahorro de dinero en la compra de ese volumen de energía y de la venta del excedente.
2. Eficiencia energética por transporte: Al producirla en el mismo lugar se logra mayor eficiencia ya que no se generan las pérdidas propias de la red de transporte y su vez se eliminan los inconvenientes operativos para transportarla.
3. Cuidado del medio ambiente: Al generar energía de fuentes renovables se elimina la contaminación generada por la utilización de combustibles de origen fósil reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub>.

De esta manera la Facultad de Ingeniería de la UNLZ se abocó al estudio de proyectos de generación de energías renovables para determinar los más viables, teniendo en cuenta la topografía, el clima y el espacio disponible en el Campus. El mismo tenía como objetivo principal poner en funcionamiento la generación de energía renovable Eólica o Solar y detallar los beneficios económicos que traería aparejado la utilización de la misma, así como también remarcar los beneficios ambientales para la comunidad que se encuentra en contacto día a día con nuestra Casa de Altos Estudios.

## **2. PROYECTOS DE GENERACIÓN RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

### **2.1 Proyectos de generación renovable**

#### ***2.1.1 Análisis de los consumos energéticos del campus de la UNLZ para determinar la potencia del generador.***

Una de las acciones tendientes a incrementar la sustentabilidad ambiental de la UNLZ consistió en analizar la compra, montaje y puesta en servicio del generador de energía que provenga de fuentes renovables. En particular, este aspecto fue detallado y presentado en el “III Congreso Argentino de Energías Sustentables” [10]. A los efectos de la utilización de sus datos para este trabajo y para poder establecer el tipo de tecnología renovable a utilizar primero resultaba necesario establecer el alcance del proyecto. Por la relevancia que tiene contar con suministro eléctrico en las aulas y edificios (la mayoría de las clases son en el turno nocturno), se decidió comenzar por otro de los consumos más críticos del complejo: la iluminación de los

estacionamientos. Contar con energía eléctrica renovable posibilita también un aumento de la seguridad del complejo, ya que ante cortes de suministro la iluminación de estas playas queda fuera de servicio. [3-5]

El Campus cuenta con 10 playas de estacionamiento para alumnos y docentes (Figura 1). En este caso la instalación eléctrica no está realizada en esquema de anillo, sino que la distribución de estos tableros de iluminación es modular (es decir, hay 1 tablero por estacionamiento que comanda el funcionamiento de los circuitos asociados al mismo). Por otro lado, la alimentación a cada tablero es trifásica y de cada una de las fases se conectan una determinada cantidad de artefactos.

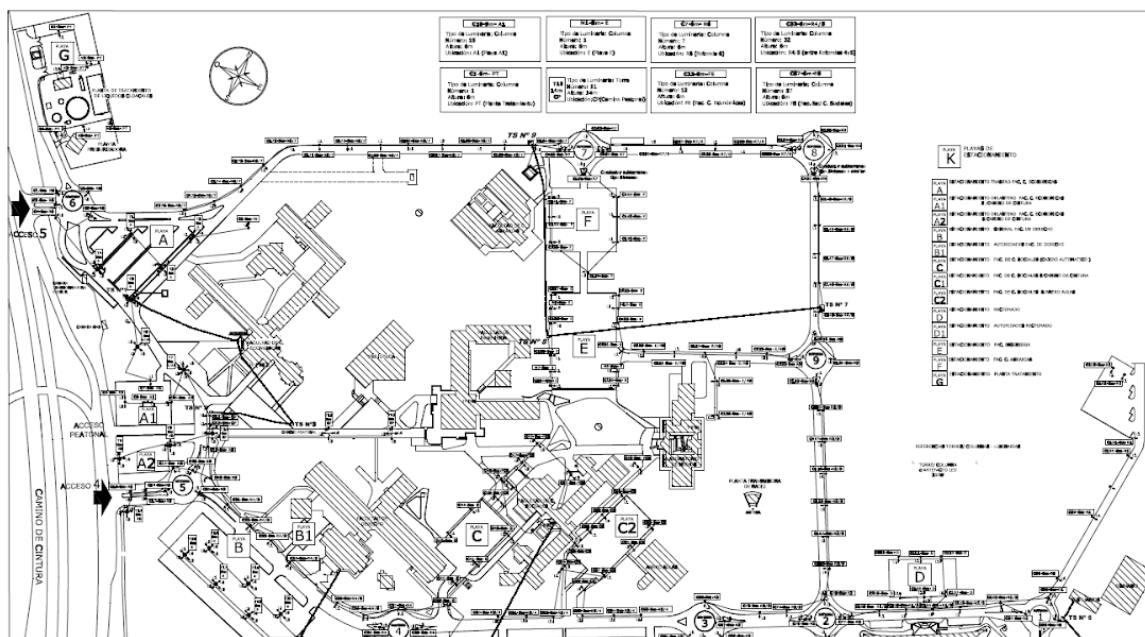


Figura 1 Campus Universitario.

Cada una de estas playas cuenta con iluminación por reflectores led marca PHILIPS modelo TANGO G2 y/o reflectores marca NOVA LED modelo SILVANYA que funcionan gracias a una fotocélula que comanda su encendido o apagado

Para poder determinar la potencia del generador a instalar se realizó un relevamiento de los consumos con el objetivo de conocer la potencia consumida por circuito [3-5]. Se realizaron mediciones con pinza amperométrica en cada una de las fases con todos los consumos en servicio y se determinó que la potencia instalada era de 51.255,6 W y 307,54 kWh/día, con un funcionamiento de 6 horas por día (de 10:00 pm a 6:00 am) (Figura 2).

Fecha de ensayo 28/07/2017

Cálculo de potencia consumida por los tableros relevados de iluminación de playas de estacionamiento y senderos:

	Tablero de Servicio N°1		Tablero de Servicio N°2		Tablero de Servicio N°3		Tablero de Servicio N°4		Tablero de Servicio N°5	
Fase	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)
R	7,3	1606	13,3	2926	12,6	2772	15,1	3322	11,6	2552
S	6,9	1518	5,17	1137,4	8,6	1892	6,25	1375	7,6	1672
T	6,45	1419	2,5	550	1,3	286	4,5	990	2,5	550
Total	-	4543	-	4613,4	-	4950	-	5687	-	4774

	Tablero de Servicio N°6		Tablero de Servicio N°7		Tablero de Servicio N°8		Tablero de Servicio N°9		Tablero playa C	
Fase	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)	I (amp)	Pot (W)
R	15,07	3315,4	4,4	968	6,9	1518	4,48	985,6	8,5	1870
S	4,07	895,4	5	1100	1	220	3,4	748	1	220
T	11,23	2470,6	4,56	1003,2	6,3	1386	7	1540	8,03	1766,6
Total	-	6681,4	-	3071,2	-	3124	-	3273,6	-	3856,6

	Tablero de Playa C2	
Fase	I (amp)	Pot (W)
R	15,07	3315,4
S	4,07	895,4
T	11,23	2470,6
Total	-	6681,4

Potencia total: 51.255,6 W

Horas de func. / día : 6 horas

Energía diaria:

307.533,6 Wh / día → 307,54 kWh / día

Figura 2 Cálculos de potencia consumida

En función de esta información, se decide limitar el alcance del proyecto a los paneles de las playas A, A1, A2, B, C1, y corredor entre Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Económicas, correspondientes a los tableros de servicio 1, 2, 3, 4 y 5. (Figura 3)

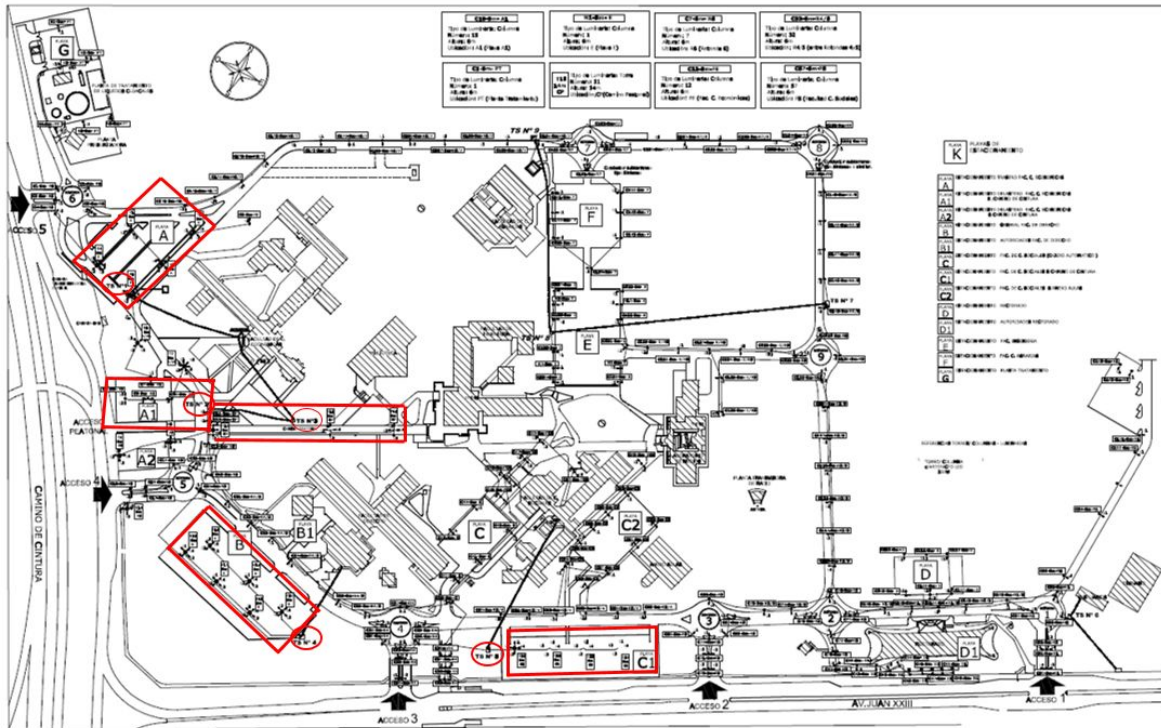


Figura 3 Ubicación de los Futuros paneles

Por este motivo la potencia que debe suministrar el generador será de 24,6 kW para 147,5 kWh/día.

### 2.1.2 Análisis de alternativas de generadores renovables

Luego de haber determinado el alcance del proyecto, los consumos energéticos, la potencia y cantidad de energía requerida, el equipo de la Facultad de Ingeniería de la UNLZ decidió analizar las alternativas existentes en el mercado para determinar cuál sería la más viable en términos técnicos y económicos. [10]

Las alternativas analizadas fueron:

#### -Generador de energía eólica:

Consiste en el montaje de uno o dos generadores eólicos para abastecer los consumos de la universidad.

#### -Ventajas:

-Con vientos suficientes sería posible generar una gran cantidad de energía con una instalación relativamente simple.

-Alto impacto visual.

-Requiere un espacio comparativamente reducido para su montaje.

#### -Desventajas:

-Inversión inicial comparativamente alta.

-Alto costo de operación.

-Alto costo de mantenimiento.

-Imposibilidad de ser viable económicamente en zonas donde los vientos no fueran suficientes.



A priori esta alternativa fue descartada técnicamente ya que la región no cuenta con vientos suficientes para hacer de este proyecto una inversión confiable. Para el partido de Lomas de Zamora la velocidad media de vientos es de 4,1 m/s lo cual podría generar 259,18 MWh/año luego de una inversión estimada de 500.000 USD, que además de superar el presupuesto establecido por la UNLZ no se recupera la inversión en los plazos requeridos. (Figura 4)

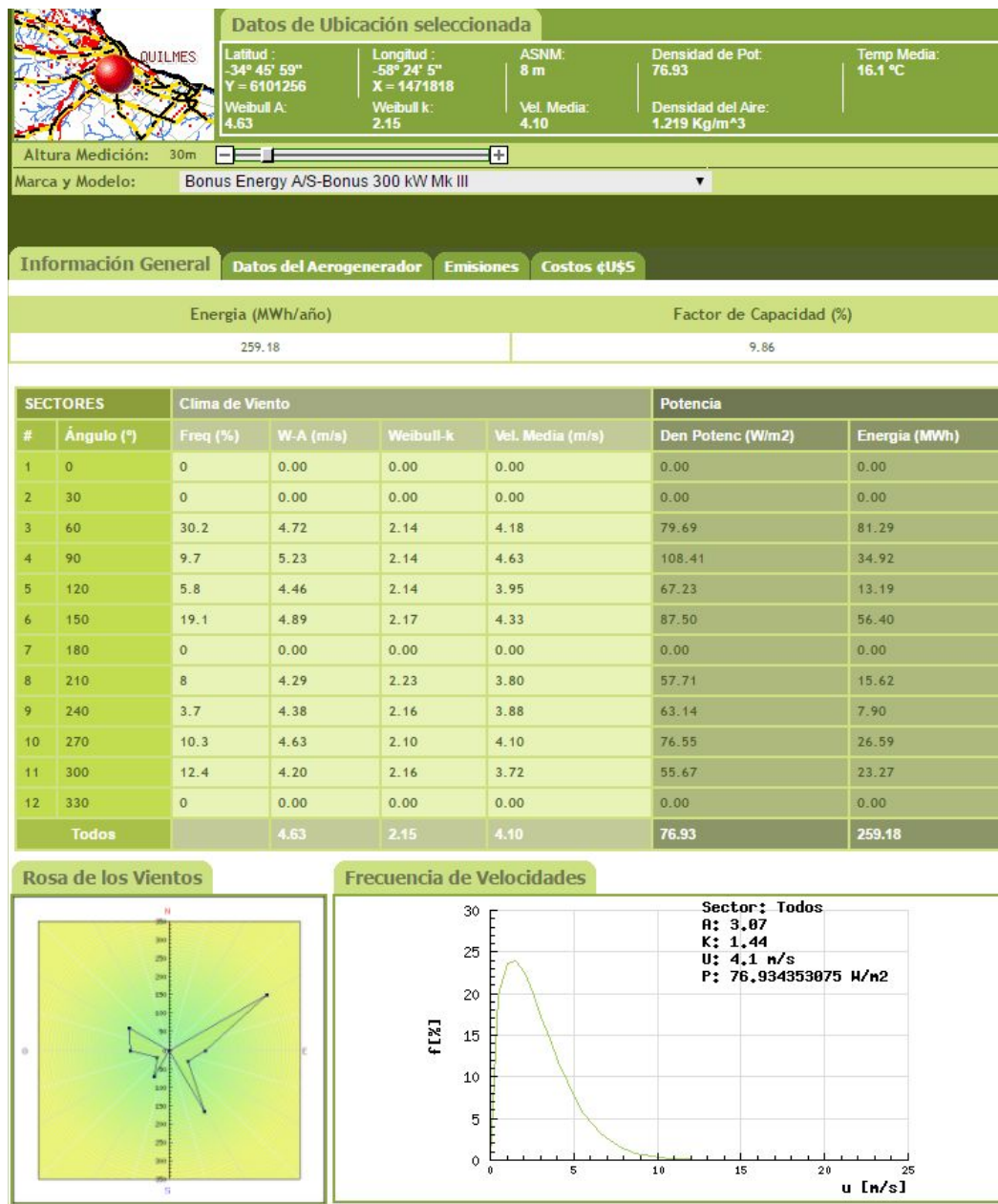


Figura 4 Cálculo de Aerogenerador

Por este motivo se descarta la opción eólica y se procede al análisis de un generador a través de paneles solares. Se detectaron ventajas de su uso tales como:

- Este tipo de tecnología demanda un bajo costo de operación y mantenimiento
- No genera ruidos de ningún tipo.
- La implementación es modular (puede ser implementada en varias etapas).
- Alto impacto visual y social.
- Costo de implementación comparativamente inferior al eólico.

También se detectaron las siguientes desventajas:

- Necesidad de reemplazar las baterías al finalizar su vida útil.
- Requiere un gran espacio para su montaje.

A pesar de las desventajas, se decidió estudiar la alternativa de los paneles solares ya que era viable desde un punto de vista técnico y económico.

### 2.1.3 Desarrollo de proyecto de generación de energía eléctrica a través de paneles solares

Luego de haber determinado el alcance, potencia y energía necesarias y habiendo seleccionado la tecnología a utilizar se procede a realizar una especificación técnica para la compra de los paneles.

En primera instancia se determina que el lugar de montaje del generador fotovoltaico será en el área posterior a la playa de estacionamiento B frente a la Facultad de Derecho por contar con suficiente espacio libre para poder montar el generador, que según las primeras estimaciones de especialistas podría ocupar entre 350 y 400 m<sup>2</sup>. (Figura 5)

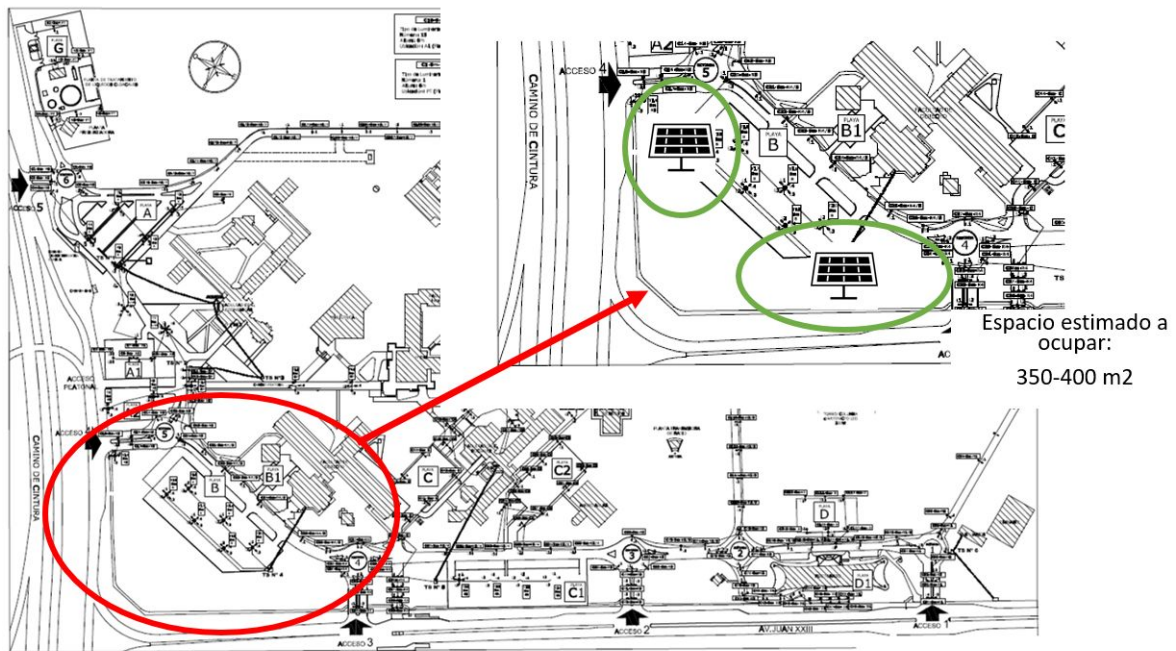


Figura 5 Ubicación de los paneles solares

A través un pliego técnico se solicitó a los proveedores que oferten lo siguiente:  
Previo al inicio de los trabajos:

Planilla de cálculo y dimensionamiento

1. Plano de instalación eléctrica y modificaciones en tableros
2. Plano de planta y cortes que se requieran
3. Detalles constructivos
4. Estudio de impacto ambiental
5. Cronograma de obra

Componentes del sistema:

1. Módulos solares fotovoltaicos de celdas monocristalinas / policristalinas.
2. Soportes para piso en aluminio ó acero galvanizado
3. Regulador de carga
4. Baterías estacionarias de ciclado profundo
5. Inversor/cargador con conmutación automática con la red
6. Tablero de control con medidores de energía
7. Mando de seguridades
8. Contadores de energía de entrada y salida
9. Gabinete para el banco de baterías
10. Cableado de conexión de todo el sistema

Condiciones de la energía a suministrar: 220 VCA

Auxiliares del sistema: todos los elementos necesarios para el montaje entre los cuales se incluyen cables, llaves termomagnéticas, gabinetes, llaves de corte, entre otros. Todos estos elementos deberán estar detallados en la documentación técnica a entregar y deberán ser de marcas de Tier 1 asegurándose que cumplan con todas las reglamentaciones de funcionamiento, calidad y seguridad según normas vigentes.

Para las instalaciones enterradas, se efectuará una zanja de 0.8 metros de profundidad y luego se colocará una hilera de ladrillos como medida de señalamiento frente a futuras excavaciones. Los pases y zanjeos de cables subterráneos deberán realizarse con máquina zanjadora y tunelera, sin afectar al paso de transeúntes o vehículos.

Para el apoyo de los soportes de los módulos fotovoltaicos, se construirán pilotines los cuales sobresaldrán 30 cm del suelo circundante como mínimo. Los mismos estarán contruidos con hormigón armado de acuerdo a las normas CIRSOC 102-Acción del viento.

Debido a que las baterías estarán ubicadas a la intemperie, se deberá construir una base de hormigón incluyendo un basing de volumen 110% del volumen del total del líquido a contener para ubicarlas y se deberá proveer también rack y cubierta de las mismas. El basing deberá ser de hormigón con terminación con pintura epoxy. El código RAL de color será establecido por el inspector de Obra designado por la UNLZ.

Documentación a entregar:

- Memoria de cálculo detallada
- Ingeniería de detalle constructiva y de conexiones
- Planos del generador fotovoltaico, conexiones internas y a los tableros
- Gestión de cambio sobre planos existentes
- Manuales de los equipos y detalles técnicos de cada uno de los equipos
- Manual de mantenimiento

### **3. AHORROS DEL PROYECTO**

Para poder estimar la energía total anual a ser abastecida por medios renovables se utilizaron los datos calculados en la figura 2. De esta se desprende que el consumo energético anual de la iluminación en las playas de estacionamiento mencionadas es de 112.252 KWh/año, lo cual representa el ahorro energético directo del proyecto. Esta reducción representa un 4% de ahorro en las erogaciones a la compañía distribuidora, lo cual se traduce a un ahorro en términos económicos de \$224.504.

La inversión inicial estimada fue de USD 200.000, lo cual otorga un repago del proyecto en más de 20 años.

Por otro lado, los paneles solares propuestos pueden generar hasta 197.000 KWh/año en las condiciones más desfavorables por lo cual contar con un medidor de tipo bidireccional permitiría entregar a la red casi 85.000 KWh/año y obtener una compensación por esta energía entregada.



#### 4. CONCLUSIONES

A los efectos de consideraciones finales sobre las actividades de agregado de fuentes de generación renovables en el Campus de la UNLZ, podemos concluir, tomando en cuenta lo analizado hasta el momento, que este proyecto es técnicamente factible, aunque económicamente inviable en las condiciones iniciales propuestas.

El mayor punto de mejora, radica en una re-evaluación de la necesidad de usar baterías para almacenamiento de energía, es decir, diseñar el generador fotovoltaico en un esquema off-grid (fuera de la red, independiente de la misma). En términos económicos, las baterías componen un 50% del costo total del proyecto, haciendo que el retorno de la inversión ronde los 20 años, tiempo similar a la vida útil de los equipos, que determina su amortización. En otras palabras, los equipos se amortizarían cuando el proyecto comenzara a dar un ahorro concreto. Por otro lado, la necesidad de almacenar energía en baterías genera un residuo peligroso que impacta negativamente en el medio ambiente. La vida útil de las mismas ronda los 2 o 3 años, dependiendo de su factor de uso, nivel de carga, cumplimiento de mantenimientos preventivos y condiciones climáticas de exposición. Una vez cumplido el ciclo de vida, el reemplazo de baterías es necesario si se desea continuar generando energía en esquema off-grid.

Por lo expuesto anteriormente, resulta evidente la implementación de este proyecto una vez reglamentada la ley de Generación Distribuida no solo para poder obtener un mejor repago del proyecto sino también para aprovechar al máximo su potencial. Sorteando este obstáculo legal, es posible pensar un generador fotovoltaico que no solo no requiera almacenar la energía, sino que pueda producir la misma más allá de los límites de carga de un banco de baterías, entregando el 100% de la energía posible de generar a la red del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) a través de los distribuidores locales, es decir, en esquema on-grid.

La implementación de este noble proyecto dependerá de una decisión político-institucional, no obstante, no resulta menor que una institución como la UNLZ, una Universidad Pública, tome la decisión de avanzar con la ejecución del mismo a pesar de no tener un beneficio económico significativo, dado que no solamente representa un hito en la región sino que también permite a la Institución posicionarse estratégicamente como referente en el tema de energías renovables ya que tiene dentro de sus ofertas académicas curriculas asociadas a la implementación de energías alternativas y sustentabilidad ambiental.

Sin duda, hay muchos retos que enfrentar tanto en términos técnicos como en términos organizacionales, pero en virtud de la imperiosa necesidad a nivel global de energía limpia y uso eficiente de la misma, estos desafíos pronto serán superados con éxito.

#### 5. REFERENCIAS.

- [1] Información página web de la UNLZ [http://www.unlz.edu.ar/?page\\_id=1938](http://www.unlz.edu.ar/?page_id=1938)
- [2] Decreto “Año de las Energías Renovables”  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=270327>
- [3] Miguel Alonso Abella. *Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica*. Ediciones s.a.p.t. publicaciones técnicas s.l. Año de publicación: 2005
- [4] Perales Benito, Tomás. *Instalación de paneles solares térmicos: componentes, instalación*. [Madrid]: Creaciones Copyright, D. L. 2007, 127 p.

- [5] Enrique Alcor Cabrerizo. Instalaciones solares fotovoltaicas. Promotora General De Estudios (11 de marzo de 2011)
- [6] Ley 27424, *REGIMEN DE FOMENTO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGIA RENOVABLE INTEGRADA A LA RED ELECTRICA PUB*
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=E61F0713D01800FD84EAAF C1ECDB71A4?id=305179>
- [7] Ley 26190, *ENERGIA ELECTRICA, REGIMEN DE FOMENTO NACIONAL*
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=8DD19418903E3D550 5951DA3B7880192?id=123565>
- [8] Decreto Reglamentario 531/2016, *ENERGIA ELECTRICA, LEY N°26190 – REGLAMENTACIÓN*
- <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=259883>
- [9] El autoconsumo fotovoltaico inyectado a red.
- <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>
- [10] Trucco, Guido; Cedrón, Nicolas; Rolón, Hugo; Pavlicevic, Juan. *Análisis Comparativo Resultante de la Utilización de Energías Renovables en el Campus de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora* - III Congreso Argentino de Energías Sustentables.

# Pertinencia de la metodología cualitativa en los estudios de gestión de la calidad

Meretta Javier, Gómez Carlos

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional*

*Colón 332, 2900 San Nicolás, Bs As. jmeretta@frsn.utn.edu.ar*

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en una revisión de la literatura en búsqueda de analizar la pertinencia de la metodología cualitativa en el campo de la ingeniería industrial, particularmente en los estudios de gestión de la calidad.

El abordaje cualitativo es de predominante naturaleza inductiva, en función de que muchas de las ideas y conclusiones provienen de hechos concretos y específicos del trabajo empírico de campo mediante el estudio de casos, y ha sido considerado el óptimo enfoque de investigación para el tema que se trata.

La complejidad hace a un objeto apropiado para ser estudiado con métodos cualitativos, un objeto es complejo cuando se presenta en un ambiente de turbulencia e imprevisibilidad y por estar en proceso de transformación constituido por cambios de decisión, interacciones y retroacciones, como puede ser un cambio organizacional. A su vez, los interrogantes del tipo *¿Qué?*, *¿Cómo?* y *¿Por qué?* Encuentran en esta metodología la herramienta apropiada para su satisfacción, siendo las respuestas a los mismos las teorías fundadas en los datos provenientes de casos que el investigador elabora.

Se analizan además en el presente trabajo, los métodos de recolección de datos, su procesamiento, la fiabilidad y validez de los mismos, la selección de casos de estudio y la posibilidad de construcción de teoría a partir de los mismos.

**Palabras claves:** Metodología, estudio de casos, cualitativo, gestión de la calidad, investigación.

## ABSTRACT

The present work consists in a review of the literature in search of analyzing the relevance of the qualitative methodology in the field of industrial engineering, particularly in the studies of quality management.

The qualitative approach is of predominantly inductive nature, in function of which many of the ideas and conclusions come from concrete and specific facts of the empirical field work by means of the study of cases, and it has been considered the optimum approach of investigation for the subject that about.

Complexity makes an object suitable to be studied with qualitative methods, an object is complex when it occurs in an environment of turbulence and unpredictability and because it is in the process of transformation constituted by changes in decision, interactions and feedback, such as a change organizational In turn, the questions of the type What, How? and because? They find in this methodology the appropriate tool for their satisfaction, being the answers to them the theories based on the data coming from cases that the researcher elaborates.

We analyze in this paper, the methods of data collection, its processing, the reliability and validity of the same, the selection of case studies and the possibility of building theory from them.

**Key words:** Methodology, case study, qualitative, quality management, research.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La investigación, fuente del conocimiento, persigue el fin de comprender la realidad que nos rodea y constituye el principio básico del desarrollo profesional. Investigar nos aporta una mirada diferenciada de los objetos de estudio de acuerdo a la perspectiva de nuestro campo de conocimiento. En la ingeniería industrial existen numerosas posibilidades de estudiar la realidad circundante y con múltiples fines, investigamos para generar conocimiento que se vuelca en las aulas y en las organizaciones. Con este fin exploramos posibilidades de mejoras de procesos, aumento de productividad, resolución de problemas y conflictos, buscamos eficiencia entre otras cosas, a través de la investigación básica o aplicada. Trabajamos para generar conocimiento y para resolver problemas, básicamente nuestro laboratorio son las organizaciones y contamos para el trabajo con numerosas herramientas.

En el ejercicio de nuestro rol de investigadores debemos comprender las problemáticas de las organizaciones, el entendimiento de ese micro mundo presenta el desafío de integrar conocimientos y herramientas de distintas disciplinas e integrarlos con los nuestros en búsqueda de generar conocimientos, innovación y transferencia.

En el momento de iniciar el proceso de investigación debemos elegir la metodología que resulte de mayor utilidad, en el presente trabajo realizamos una revisión de la literatura en busca de elementos que nos permitan analizar la pertinencia de la metodología cualitativa para investigar en nuestra disciplina: la Ingeniería Industrial.

En el desarrollo del presente trabajo incorporaremos algunos conceptos acerca de la investigación cualitativa y sus características principales, describiremos al estudio de caso como alternativa metodológica y analizaremos la validez y fiabilidad de este tipo de investigación.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. La investigación cualitativa**

Sin entrar en la historia de esta metodología o en cuestiones epistemológicas describiremos de qué se trata la investigación cualitativa. Al momento de diseñar una investigación nos encontramos con numerosas variantes de enfoques los cuales tratan de determinar la causa de algunos eventos y predecir eventos similares, a través de encuestas, por ejemplo, podemos obtener datos que nos revelarán hechos o características de un fenómeno dado o las relaciones entre eventos y fenómenos; si el foco se encuentra en cuánto resultado se puede presentar en forma numérica, estaremos en presencia de un estudio cuantitativo [1]. Nos puede interesar en cambio descubrir el significado de un fenómeno para las personas involucradas o cómo estas inciden en un determinado fenómeno, para lo cual necesitamos recurrir a un estudio cualitativo.

Robert Yin [2], destaca que el atractivo de la investigación cualitativa radica en que permite realizar estudios en profundidad sobre una amplia gama de campos académicos y profesionales en términos sencillos y cotidianos; entre los cuales destaca diferentes disciplinas de las ciencias sociales como: psicología, sociología y ciencias políticas entre otras, o educación y administración. Para Yin la investigación cualitativa ofrece una mayor libertad para seleccionar temas de interés dado que no presenta las limitaciones que probablemente tengan otros métodos tales como: la incapacidad de establecer las condiciones de investigación necesarias (como en un experimento); la falta de disponibilidad de suficientes series de datos o la falta de cobertura suficiente de variables (como en un estudio económico) o la dificultad para obtener una muestra adecuada de encuestados y obtener una tasa de respuesta suficientemente alta (como en una encuesta).

Antes de analizar algunas características de la investigación cualitativa, la cual es considerada por investigadores y especialistas en metodología de la investigación como una forma muy fructífera y atractiva de hacer investigación en ciencias sociales, veremos la cercana relación de estas con nuestra disciplina, la ingeniería industrial.

El campo de la Ingeniería Industrial es amplio y diverso, presenta un gran abanico de alternativas de aplicación y desarrollo de conocimiento. Existen numerosas definiciones acerca de la Ingeniería Industrial que presentan distintas visiones de la especialidad con mayor o menor nivel de descripción de la misma; estas van desde considerarla una disciplina dentro de la ingeniería que se ocupa del diseño del esfuerzo humano, con el objetivo de optimizar la productividad del trabajo, de los sistemas de trabajo, la ergonomía, la seguridad y el beneficio económico de personas y empresas [3]; hasta el reconocimiento de que la ingeniería industrial concierne al diseño, mejora e

instalación de sistemas integrados por personas, materiales, información, equipos y energía, utilizando conceptos de distintas áreas del conocimiento como matemáticas, física, ingeniería y ciencias sociales, para evaluar y predecir el comportamiento de tales sistemas [4].

Consideramos a esta última definición como la más cercana a nuestra visión de la especialidad, donde además de los recursos materiales y económicos, equipos, información y procesos, se tiene en cuenta a las personas. Es la incorporación del factor humano la principal diferencia con otras especialidades de la ingeniería, en virtud de esto, se deben incorporar conocimientos de las ciencias del comportamiento humano, de las relaciones interpersonales, manejo de los recursos humanos, estilos de liderazgo, etc.

Entre las materias de esta especialidad se pueden encontrar algunas asociadas a las ciencias duras y otras más allegadas a las ciencias sociales, de esta forma podría interpretarse a la Ingeniería Industrial como la interfaz entre las ingenierías duras y las ciencias sociales, una especie de nexo entre dos campos muy distintos entre sí que se complementan en la vida de una organización. Incluso el enfoque otorgado a un tema permite expresar esta dualidad, a modo de ejemplo podemos analizar la ingeniería de calidad desde una visión dura asociada al control estadístico de procesos y sus herramientas; o desde una óptica más blanda asociada a la gestión de la calidad la cual presenta un acercamiento al campo de la administración.

Este nivel de acercamiento a las ciencias sociales es el que nos permite utilizar una metodología de investigación propia de su campo, para tratar de comprender un fenómeno de nuestro campo profesional, y abordarlo con otro enfoque, distinto al tradicional aporte desde lo cuantitativo.

## **2.2. Características de la investigación cualitativa**

Nos introduciremos ahora en esta metodología de investigación. El abordaje cualitativo, presenta una predominante naturaleza inductiva en función de que muchas de las ideas y conclusiones provienen de hechos concretos y específicos del trabajo empírico [5].

Este se considera como el óptimo enfoque de investigación para temas relacionados a la ingeniería industrial como por ejemplo el análisis de los procesos de cambio organizacional o la gestión de la calidad. Podríamos preguntarnos acerca de cuál es el origen de esta afirmación, Rut Vieites [6] revisa los atributos que hacen especialmente adecuados a ciertos objetos para ser abordados mediante investigación cualitativa; la autora expresa, que si bien no los considera únicos, *“algunos atributos hacen especialmente privilegiados a ciertos objetos de investigación para ser abordados en el marco del paradigma interpretativo”*. En el presente trabajo describiremos aquellos que pueden ligarse a nuestro campo profesional.

El primer atributo que podemos mencionar es la abstracción, los objetos muy abstractos como la elección, la decisión, la creatividad, el cambio y las representaciones sociales, son recreados o representados por los sujetos desde su propia perspectiva; esto no puede ser explorado desde la investigación cuantitativa con el limitado mecanismo de la encuesta, dado que carece de medios para para ahondar en el sentido subjetivo de conceptos abstractos con distintos niveles de dilucidación.

El segundo atributo es la complejidad. La complejidad hace a un objeto apropiado para ser estudiado con métodos cualitativos [8], *“un objeto es complejo porque se presenta en un ambiente de turbulencia, desequilibrio e imprevisibilidad y por estar en proceso de transformación súbita, constituido por elementos aleatorios, cambios de decisión, interacciones y retroacciones.”* De acuerdo a la autora citada, captar en alguna medida la complejidad que emerge a la vez que la complejidad subjetiva del proceso, que puede presentar los rasgos del desorden, la ambigüedad o la incertidumbre, es un desafío que se enfrenta de manera privilegiada con la investigación cualitativa; mencionando entre los ejemplos posibles, a los procesos creativos, de toma de decisiones y de cambio organizacional.

El tercer atributo es la precariedad. Los grandes grupos y multitudes como las personas de la vía pública o los clientes de grandes negocios constituyen comportamientos colectivos difíciles de analizar mediante investigación cuantitativa. Rut Vieites destaca la particularidad de la investigación cualitativa de ser abierta y holística y que permite analizar por ejemplo cambios en los patrones de consumo.

Es en función de estos atributos que hemos seleccionado para analizar, que reiteramos no son los únicos, que estamos en condiciones de aceptar la pertinencia de la investigación cualitativa para su aplicación en nuestra disciplina.

La investigación cualitativa tiene una extensa historia de utilización en distintas disciplinas de las ciencias sociales, constituye un método focalizado que incluye la interpretación y aproximaciones naturalistas a su objeto de estudio, el investigador cualitativo estudia las cosas en su hábitat natural, interpretando la percepción que las personas tienen de los fenómenos en estudio, es decir que intentan dar sentido a, o interpretar, fenómenos en términos de los significados que la gente les brinda [9]. En este sentido, antes de describir los tipos de investigación cualitativa que existen, podemos ver cuáles son las aptitudes que describe Merriam [10] que a su criterio debe desarrollar un investigador cualitativo:

- Una postura de cuestionamiento crítico con respecto a su trabajo y el contexto, la investigación cualitativa es un medio para encontrar respuestas, lo que requiere un ojo inquisidor. ¿Por qué las cosas son como son?
- Alta tolerancia a la ambigüedad. Las variables en el estudio cualitativo generalmente no están presentes desde el diseño de la investigación ya que no se conocen, son flexibles y suelen ser hallazgos que se derivan inductivamente en el proceso de análisis. El investigador debe sentirse cómodo con esta ida y vuelta en el flujo de la investigación y tener confianza en el proceso.
- Ser un observador cuidadoso, la realización de observaciones es un proceso sistemático y la habilidad para realizarlo se desarrolla con la práctica.
- Hacer buenas preguntas. La entrevista es el instrumento primario de recolección de información, la calidad y cantidad de la misma depende de que se pregunte bien.
- Pensar inductivamente. El análisis de datos requiere de un pensamiento inductivo para pasar de datos brutos a categorías abstractas y conceptos.
- Comodidad con la escritura. Los hallazgos se presentan en palabras no en números, razón por la cual el estudio cualitativo requiere más escritura, el producto final es generalmente un informe mucho más extenso que el de un estudio cuantitativo.

El investigador utilizará cualquiera de las múltiples alternativas metodológicas que ofrece la investigación cualitativa, en función de su trabajo y conocimiento, utilizará cualquier estrategia, método o material empírico que disponga a su alcance [11], pudiendo utilizar distintos instrumentos o combinaciones de los mismos. La elección de estos dependerá de las preguntas que se deben realizar y estas dependerán del contexto [12].

Al revisar la literatura, encontramos que los autores presentan distintas visiones al momento de enumerar y analizar las alternativas metodológicas de la investigación cualitativa, algunas de estas tradiciones o métodos son más o menos comunes o conocidas que otras, algunos autores reconocen un mayor número que otros. Sin entrar en una enunciación pormenorizada de métodos, hemos seleccionado algunos que para nuestra disciplina resultan convenientes de ser conocidos.

La investigación fenomenológica, que puede ser descriptiva, interpretativa o una combinación de ambas, tiene por *“objetivo central el campo de los fenómenos tal como son vividos y experimentados por los individuos”* [13]. En este punto Vieites utiliza como ejemplo el estudio del proceso de modernización de la administración pública, donde se enfatiza la experiencia vivida por empleados y ciudadanos.

La hermenéutica, el entendimiento de textos orales y escritos, es *“metodológicamente un mecanismo de comprensión de la intencionalidad del otro, que solo puede comprenderse en su contexto”* [14]. Puede ser utilizada en investigaciones de mercado, el proceso de comunicación en la organización y el entendimiento de textos académicos, técnicos informes y programas de profesores en educación.

El método etnográfico para el estudio de las culturas, creencias, valores y actitudes que estructuran o dan forma a patrones de comportamiento de las personas de un determinado grupo [15].

La etnometodología brinda *“descripciones pormenorizadas de los procedimientos a través de los cuales los hombres generan y legitiman de manera continua el orden social”* [16]. Se remarca que este enfoque ofrece recursos para el conocimiento de los procesos de cambio o procesos instituyentes en el campo disciplinar que conforman en conjunto los estudios organizacionales.

La teoría fundamentada es un método que permite la construcción de teorías, hipótesis, y conceptos partiendo de los datos y no de marcos teóricos existentes, investigaciones o supuestos anteriores [17]. El investigador asume el rol de principal instrumento de recolección de datos y análisis, con una postura inductiva se esfuerza por encontrar el significado de los datos, el resultado es una teoría que surge o está arraigada en los datos [18].

Finalmente presentamos *el estudio de caso*, una herramienta de extensa utilización en administración e ingeniería industrial, consiste en la exploración profunda y pormenorizada de un fenómeno contemporáneo en su contexto real de existencia [19] que desarrollaremos a continuación.

### 2.3. El estudio de caso

Los interrogantes del tipo ¿Qué?, ¿Cómo? y ¿Por qué? Encuentran en esta metodología la herramienta apropiada para su satisfacción, siendo las respuestas a los mismos las teorías fundadas en los datos de casos que el investigador elabora. No son éstas teorías generalizables ni tampoco es ésta la pretensión del investigador. En cuanto a lo metodológico, el caso puede ser construido por el investigador en función de los datos que surgen de la misma investigación, o también puede ser derivado de constructos teóricos que aparecen en el estudio de acontecimientos similares. Así las unidades de análisis pueden ser, organizaciones de carácter público o privadas, tipos de sujetos, documentos o el proceso de certificación ISO 9001 de una organización [20].

Stake[21] y Yin [22] incluyen en sus categorizaciones de estudios de caso la posibilidad de analizar más de un caso en forma comparada. Stake los denomina “estudio de caso colectivo” mientras que Yin se refiere a estos como “casos múltiples”.

En referencia a esta clasificación y a partir del propósito de la investigación se puede recurrir a un estudio de caso particular, o colectivo o múltiple, el cual consiste en una investigación comparativa del estudio de varios casos que pueden tratarse de casos similares o diferentes. Marradi et al. [23] consideran que el conjunto de los casos seleccionados no es considerado como una muestra estadística representativa de una población de donde se infieren generalizaciones. Por el contrario cada caso es estudiado y comprendido en su especificidad para luego proceder a la comparación entre ellos, dando lugar a la comprensión de una clase mayor de casos. La búsqueda no se orienta solo a las características que tienen en común sino también hacia sus diferencias.

Se hace necesario en primer lugar definir la unidad de análisis para luego y dentro de estas, seleccionar los casos.

De acuerdo a Marradi A, Archenti N, Piovani J, [24](2010:221) *“...la selección del caso nunca se realiza por azar como en los métodos estadísticos, porque se parte de la no equivalencia entre los casos, que se destaca a través de la propuesta orientada a la comprensión de la especificidad de cada caso. El proceso de selección está basado en criterios teóricos, en experiencias de observación y en las expectativas depositadas en la unidad seleccionada, en términos de su potencialidad para proveer una base empírica relevante para la interpretación y comprensión del fenómeno estudiado.”*

Stake [25] (1995) enumera dos criterios de selección, maximizar lo que potencialmente podemos aprender del caso y su mayor accesibilidad. De esta forma resulta conveniente elegir organizaciones que presenten las mayores oportunidades de aprender y donde se espera una mayor receptividad al estudio.

En referencia al tamaño de la muestra, o cantidad de casos de estudio, como expresa Samaja [26] (2010) al no estar en juego, al menos en principio, la generalización de resultados la cantidad de sujetos de estudio queda abierta al criterio de la investigación.

Dado que en nuestro campo los objetos de estudio son organizaciones, los casos cuentan con fronteras claras y definidas; de acuerdo a su uso son casos exploratorios, de naturaleza descriptiva [27](Coller, 2005); luego la decisión sobre la selección de los casos será intencional en función de un criterio explícito (Sautu, 2010)[28]: los casos presentarán particularidades especiales, requisito que los hace relevantes y pertinentes a la cuestión que la investigación intenta responder.

En la literatura hemos encontrado algunos casos emblemáticos desarrollados con esta metodología, que nos han alentado a estudiarla y aplicarla, algunos de ellos pueden ser un estudio sobre la retórica del cambio en las organizaciones [29](Gómez y López, 2004); Claudio de Souza Pereira [30](2014) realizó un estudio sobre gestión del conocimiento que analiza la memoria de las organizaciones o un análisis de la competitividad en las PyMES como resultado de la gestión de la calidad [31](Demuner Flores, 2009).

### 2.4. Instrumento de recolección de datos

Se cuenta con distintas técnicas o procedimientos de recogida de información relacionada con el método de investigación que estamos analizando, la utilización de unas u otras dependerá del marco de la investigación. La selección de las técnicas de recolección se realiza a partir de un conjunto de factores tales como el tiempo disponible, los recursos, el tipo de estudio, etc.

Entre las técnicas más usuales para estudios de caso se encuentran: la observación participante, las encuestas y las entrevistas. En este trabajo nos centraremos en la entrevista en profundidad por las ventajas que presenta ante la encuesta. La encuesta suele hacerse por correo electrónico y es acotada la información que se recibe, no se sabe ciertamente quién las contesta y la cantidad de respuestas es muy baja. La entrevista, con mucho en común con la observación participante, consiste en encuentros reiterados cara a cara entre el investigador y el entrevistado, que tienen por fin conocer la percepción del entrevistado respecto de experiencias vividas. A continuación desarrollaremos este tema.

#### **2.4.1. Entrevista**

El instrumento de recolección de datos consiste en entrevistas semi estructuradas conocidas también como entrevistas en profundidad (Coller, 2005), es decir el desarrollo de una conversación entre entrevistado y entrevistador, que tiene como fin específico la obtención de información considerada relevante, a criterio del investigador, para el proceso de investigación; en la entrevista hay una persona que dice algo para expresar un sentido, y otra, que de manera consciente intenta captar ese sentido (Merlino, 2009). La misma se extiende por un período de tiempo considerable donde se espera obtener una idea lo más clara posible acerca de las opiniones del entrevistado sobre el tema de estudio; el ámbito de realización del encuentro debe ser preferentemente el lugar cotidiano de trabajo del entrevistado, su "contexto natural" donde esta expresión implica la situación en que se presentan habitualmente los hechos a estudiar (Ynoub R. 2007). De esta manera el sujeto se encuentra inmerso en su hábitat laboral donde obtiene la comodidad necesaria para su natural desenvolvimiento durante la entrevista; de igual forma el entrevistador se transforma en observador de primera mano de las características propias del entorno laboral de su interlocutor. Cada entrevista es grabada, previa autorización del entrevistado, y luego transcrita de forma tal de analizar el corpus producido, que consiste en la desgravación textual de lo hablado durante la micro situación social que implica el desarrollo de la entrevista (Merlino, 2009). Se utiliza una guía para las entrevistas, ya que como sugiere Patton (1990:283), la guía suministra "*cuestiones o áreas temáticas dentro de las cuales el entrevistador tiene libertad para explorar, profundizar y hacer preguntas que aclaran e iluminan un tema particular*", contendrá preguntas abiertas y adicionalmente algunas semi-estructuradas, fundamentalmente estas últimas se utilizarán para evaluar de una manera más precisa el grado de conocimiento y utilización de las diferentes herramientas y técnicas de calidad que se utilizan en los sistemas de gestión de la calidad en las organizaciones estudiadas. La utilización de una guía ha permitido realizar las entrevistas a diferentes personas de una forma sistemática y comprensiva, buscando que la misma información básica fuese obtenida de todos los entrevistados. El interés primordial consiste siempre en intentar comprender los elementos esenciales de la experiencia de los entrevistados en relación al objeto de estudio.

#### **2.5. Validez, fiabilidad y dificultades**

Algunos investigadores y evaluadores plantean en algunos casos una presunta falta de rigor en la validez del método. Este planteo suele surgir del desconocimiento del método y del concepto de validez y fiabilidad, para aclarar este tema presentaremos algunos conceptos.

La calidad del trabajo de investigación se puede evaluar con ciertos criterios de validez, se pueden utilizar para este fin algunas pruebas tradicionales de la investigación social empírica las cuales son válidas para los estudios de caso. Estas pruebas son el análisis de validez de la construcción, validez interna, validez externa y la confiabilidad. Analizaremos brevemente a cada una de ellas.

La validez de la construcción radica principalmente en la forma de construir el caso, donde el investigador debe despojarse de sus impresiones personales en busca de objetividad. Para lograr esta validez, Yin (1994) sugiere seleccionar y definir los tipos específicos de cambio que serán analizados con respecto a los objetivos originales del estudio y demostrar que las medidas de estos cambios reflejan de hecho los tipos de cambio seleccionados. El autor sugiere tres tácticas para aumentar la construcción de validez, la primera consiste en el uso de múltiples fuentes de evidencia durante la recolección de datos, para lo cual se utiliza la entrevista, la observación no participante y la revisión de documentos. La segunda táctica consiste en establecer una cadena de evidencia durante la recolección de datos y finalmente, en consonancia con la tercera táctica propuesta, se pueden hacer revisar los borradores del reporte por los informantes clave.



La validez interna sólo es una preocupación para estudios de caso causal o explicativos.

La validez externa consiste en saber si los resultados de un estudio son generalizables más allá del estudio de caso inmediato. Esto representa un cuestionamiento muy común en los investigadores y en quienes son críticos del método de estudio de caso. El error en el que incurren al momento de realizar esta crítica, es el de confundir la generalización estadística con la generalización analítica. En el primer caso la inferencia se realiza desde una muestra hacia un universo más grande, en el estudio de caso no se busca esto sino analizar que tan admisible es la lógica del análisis para desarrollar en base a esta, nueva teoría (Yacuzzi). Se plantea entonces el interrogante acerca de la posibilidad de realizar inferencias generales a partir de un caso aislado, en este sentido Mitchell (1983), afirma que la inferencia sobre la relación lógica de características de una muestra, no está basada en la representatividad de ésta, sino en el grado de lógica del nexo entre esas características.

Si se trabaja con casos múltiples no estamos en presencia de una lógica de muestreo sino de replicación (Yacuzzi), todos los casos son abordados con la misma técnica y la misma guía de entrevista, es decir con el mismo protocolo.

La fiabilidad, cuyo fin es minimizar errores y prejuicios, está vinculada con la calidad de la medición de un estudio, es decir que si un investigador realiza de nuevo el mismo estudio, los resultados serían los mismos. Vale aclarar que debe ser el mismo estudio, no otro y tampoco una réplica. Con tal finalidad se construye un protocolo de los casos (una documentación de los procedimientos seguidos) y una base de datos con la información recopilada a medida que el proyecto avanza.

Como hemos mencionado, para reforzar la validez de la investigación durante el trabajo de campo, se recurre a un principio denominado triangulación, buscando contrastar la información obtenida con al menos tres fuentes: observación del investigador, documentos y entrevistas. En los estudios de gestión de la calidad la investigación puede ser complementada con una gran diversidad de documentación escrita, que constituye un aporte fundamental para el análisis del proceso de institucionalización. Esta documentación es facilitada por las organizaciones y se podría categorizar de la siguiente manera:

Documentación administrativa y operativa: registros, informes de auditorías internas y externas, manuales de calidad, políticas de calidad, perfiles de puesto, informes de capacitaciones, publicaciones internas o externas, cartelería, grabaciones, páginas web, intranet, etc.

Documentación específica del proceso de cambio: Documentos de revisiones por la dirección, informes de avances, notas a la dirección, publicaciones para el personal, etc. Por otro lado, las observaciones se pueden registrar como notas en un cuaderno durante el trabajo de campo, en el momento de producirse la entrevista o apenas terminada la misma.

La triangulación de la información ayuda además a obtener una representación completa, holística y contextual del fenómeno social bajo estudio.

El proceso de análisis de los datos recogidos en investigaciones cualitativas suele darse en forma simultánea al proceso de recolección de los mismos y puede dar lugar a la reformulación de otras etapas del diseño, en caso de surgir un concepto de interés en alguna entrevista se puede incluir en la guía y se entrevista nuevamente para completar la información.

### **3. CONCLUSIONES**

Hemos planteado que la ingeniería industrial es un campo disciplinar donde las personas juegan un rol muy importante, especialmente en los procesos de cambio en las organizaciones, en los sistemas de gestión y en la toma de decisiones, entre otros. Por este motivo es válido implementar una metodología de investigación cercana a las ciencias sociales. El abordaje cualitativo permite analizar la percepción de los hechos que tienen las personas que han participado en los mismos, convirtiéndose en una importante herramienta para el estudio de las organizaciones y sus problemáticas. Las distintas estrategias de abordaje permiten estudiar un amplio abanico de situaciones, siendo el estudio de caso una de las más difundidas y prolíficas técnicas de análisis aplicable a nuestro campo disciplinar.

El objetivo de este trabajo ha sido presentar a esta metodología de investigación como herramienta válida para la investigación en ingeniería industrial, particularmente en los estudios de gestión de la calidad; difundir su utilización y generar interés en conocerla y aplicarla entre los investigadores.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

[1,10,15,18] Merriam, Sharan B. (2009). *Qualitative research: a guide to design and implementation* / Sharan B. Merriam. p. cm. —(The Jossey-Bass higher and adult education series) "Revised and expanded from *Qualitative research and case study applications in education*." ISBN 978-0-470-28354-7

[2,5,19,22] Yin Robert (2011) *Qualitative Research from start to finish*. The Guilford Press ISBN 978-1.60623-977-3.

[3] Rao Narayana. 2006. "Definition of Industrial Engineering: suggested modification." *Udyog Pragati*, Pp 1-4.

[4] Nadler, Gerald. (1955) *Motion and time study*. McGraw Hill Book Company. New York

[6] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 49 Buenos Aires. Cengage Learning.

[8] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 50 Buenos Aires. Cengage Learning.

[9] Denzin , N. K. , & Lincoln , Y. S. ( 2005 ). *The Sage handbook of qualitative research* ( 3rd ed. ). Thousand Oaks, CA : Sage.

[11] Becker, H. S. (1989). *Tricks of the trade*. *Studies in symbolic interaction*, 10, 481-490.

[12] Nelson, C., Treichler, P. A. & Grossberg, L. (1992) *Cultural studies*. New York Routledge.

[13] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 53 Buenos Aires. Cengage Learning.

[14] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 54 Buenos Aires. Cengage Learning.

[16] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 57 Buenos Aires. Cengage Learning.

[17,20] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Buenos Aires. Cengage Learning.

[21,25] Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA: Sage.

[23] Marradi A, Archenti N, Piovani J.; (2010). "Metodología de las ciencias sociales". Buenos Aires, Cengage Learning.

[24] Marradi A, Archenti N, Piovani J.; (2010). "Metodología de las ciencias sociales". Pag. 221. Buenos Aires, Cengage Learning

[26] Samaja Juan. (2010). *Epistemología y metodología: elementos para una teoría de la investigación científica*. 3a ed. 10a reimp. Buenos Aires. Eudeba.

[27,32] Coller, Xavier. (2005). *Estudio de casos. Cuadernos metodológicos*. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid. ISBN: 9788474763874

[28] Sautu, Ruth. (2009). *La construcción del marco teórico en la investigación cualitativa*. Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 3. Buenos Aires. Cengage Learning.

[29] Gómez Carlos, López Eduardo (2004) *La retóricadel cambio en las organizaciones*. Centro de Investigaciones Sociológicas. Madrid ISBN 84-7476-360-6

- [30] De Souza Pereira (2014) Memoria organizacional y gestión del conocimiento. Saberes N°6.
- [31] Demuner Flores (2009) Resultados de la gestión de la calidad como unos de los determinants de la competitividad en las PyMEs. Sinnco.
- [33,35] Merlino, Aldo. (2009). La entrevista en profundidad como técnica de producción discursiva. Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones”. Cap. 4. Buenos Aires. Cengage Learning.
- [34] Ynoub, R. (2007) –El Proyecto y la metodología de la investigación. Buenos Aires: Ed. CENGAGE Learning. Cap. 1
- [36] Patton, M. (1990). Qualitative evaluation and research tools.Pag. 283. Newberry Park:SAGE.
- [37] Denzin, N. K. (1989) Interpretive interacionism. Newbury Park, CA; Sage.
- [38] Hoque, Z.; Hopper, T. (1997): “Political and Industrial Relations Turbulence, Competition and Budgeting in the Nationalized Jute Mills of Bangladesh”, Accounting and Business Research, vol. 27, núm. 2, pp. 126.
- [39] Maxwell, J. (1996). Qualitative research design. An intercatve approach. Thousand Oaks: Sage.

# Las industrias de la provincia de Salta y su impacto sobre la población y el recurso hídrico

Mainardi Remis, Juan Martín\*; Gutiérrez Cacciabue, Dolores; Rajal, Verónica Beatriz

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSa), Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, UNSa-CONICET)  
Avenida Bolivia 5150, Salta, Argentina \* [tinchomainardi@gmail.com](mailto:tinchomainardi@gmail.com)*

## RESUMEN

Según la actividad que realicen las industrias, se les puede asociar un consumo de agua, considerando que aquellas localizadas en lugares donde la disponibilidad para consumo humano sea menor, deban establecer directrices para lograr un desarrollo sustentable del recurso. La Huella Hídrica es un indicador utilizado para comprobar el impacto de las actividades humanas sobre el agua, buscando tener una mejor visión de problemas como la escasez y contaminación. En la provincia de Salta, la mayoría de las industrias están localizadas en tres parques industriales ubicados en los departamentos de General San Martín, General Güemes y Salta Capital, y una menor cantidad repartidas en otros 12 departamentos. Aunque se cuenta con algunos datos de cantidad de industrias y procesos involucrados, no se conoce con detalle cuál es el uso e impacto de éstas con respecto al agua. El objetivo de este trabajo fue realizar un relevamiento de las industrias de la provincia de Salta, clasificarlas en diferentes rubros y analizar su dependencia con la población del lugar y la disponibilidad del recurso hídrico. Se colectaron datos provenientes de la Secretaría de Industria de la provincia de Salta y del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Con esta información se definió y calculó un Índice de Industrialización para cada departamento, el cual refleja la relación entre densidad industrial y poblacional. La mayoría de las industrias por departamento, pertenecen al rubro alimenticio, seguido por la minería y agrícolas. El Índice de Industrialización de algunos departamentos con menor número de industrias resultó ser mayor al de Salta Capital, resaltando que éstas sí constituyen una cantidad considerable en relación a la población del lugar. Por ello, el conocimiento de la Huella Hídrica para esas industrias, permitirá tomar decisiones para una gestión sustentable del recurso, sin afectar su disponibilidad para otros usos.

**Palabras Claves:** Industrias, uso del agua, índice de industrialización

## ABSTRACT

According to the activity carried out by industries, they can be associated with certain water consumption, and those located in places where availability for human consumption is low, must establish guidelines to achieve sustainable water development. The Water Footprint is an indicator used to check the impact of human activities on water, seeking to have a better view of problems such as scarcity and pollution. In Salta province, most of the industries are located in three industrial parks situated in General San Martín, General Güemes and Salta Capital departments, and a smaller amount distributed in other 12 departments. Although there is some data on the amount of industries and processes involved, not much detail about their water use and impact is known. The aim of this work was to make a survey of the industries in Salta province, classify them in different areas and analyze their dependence on the place population and water availability. Data was collected from Salta Ministry of Industry and the Statistics and Censuses National Institute (INDEC). An Industrialization Index, which reflects the relationship between industrial and population density, was defined and calculated for each department. The majority of industries by department are food-related, followed by mining and agriculture. The Industrialization Index of some departments with a smaller number of industries is higher than that of Salta Capital, highlighting that these do constitute a considerable amount in relation to the local population. Therefore, the knowledge of the Water Footprint for these industries will allow making decisions for sustainable water management, without affecting its availability for other uses.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las predicciones apuntan a que los problemas actuales relacionados con la escasez de agua dulce y la contaminación se agravarán en el futuro debido a un aumento significativo de la demanda de agua y a una disminución de su disponibilidad y calidad [1]. Se estima que esta escasez afectará a dos tercios de la población mundial en el año 2050 debido al uso excesivo de recursos hídricos principalmente para la producción de alimentos [2]. Con respecto a esto último, a nivel mundial, aproximadamente el 70% del agua se emplea en la agricultura, el 22% en la industria, y el 8% en el hogar [3]. Aunque la agricultura es el sector en donde existe un mayor potencial para la mejora de la disponibilidad del agua, la industria también tiene un peso decisivo, ya que no solo influyen los consumos de agua propios del proceso, sino también los involucrados en el tratamiento y la disposición final de los efluentes residuales en los cuerpos receptores que son la causa de la contaminación de grandes volúmenes de agua [4]. Aunque como se mencionó anteriormente, la cantidad de agua utilizada en la industria es generalmente menor a la de la agricultura, dicha cantidad va en aumento, por lo que el sector pasará a competir cada vez más por unos recursos hídricos limitados junto a la creciente demanda de los sectores urbano y agrícola. A su vez, es posible que aquellas industrias que no establezcan nuevas directrices con respecto a una gestión sustentable del agua, no puedan mantenerse en el mercado por mucho tiempo debido a crecientes presiones regulatorias.

La economía de una región (llámese localidad, ciudad, país, etc.) está fuertemente influenciada por la actividad industrial que se desarrolle en el lugar, por lo que las industrias, además de buscar una rentabilidad propia, contribuyen a su desarrollo económico. Sin embargo, al buscar el beneficio, muchas no se interesan por lograr ese objetivo de manera sustentable, llegando a tomar medidas que pueden poner en riesgo la disponibilidad de recursos y/o su calidad para la población en general. Además, la urbanización es cada vez mayor y más personas necesitan de estos recursos para su propia subsistencia y bienestar. Por lo tanto, conocer el grado de urbanización y de industrialización de un lugar, contribuye a determinar la dependencia de ambos en relación a los recursos, en este caso en particular, el agua.

Con el propósito de colaborar con el establecimiento de políticas racionales de uso del recurso hídrico, los conceptos de Agua Virtual y Huella Hídrica (HH) han aparecido en el mercado del agua. A nivel industrial, el uso de la Huella Hídrica como indicador es una herramienta útil ya que permite conocer el gasto total de agua para saber en qué etapa se derrocha más [4], y también, conocer el impacto ambiental debido a su uso degradativo, para así poder gestionarla mejor teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso y el medio ambiente. En Argentina, dentro del propio sector industrial se están haciendo esfuerzos para controlar el impacto causado por la disposición final de sus efluentes líquidos sobre la calidad del agua. Son muchas las industrias que mejoraron sus estrategias de uso ya que se vieron influenciadas por el cambio de actitud de los consumidores, la presión ejercida para lograr una mejor gobernabilidad de las empresas y las medidas para reducir costos [5]. Para el caso particular de la HH, en Argentina existen algunos trabajos que aplicaron dicho concepto, pero principalmente relacionados con el uso de agua en el sector agrícola [6][7].

La provincia de Salta (noroeste de Argentina), está conformada por 23 departamentos. El último censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), mostró una población total de 1.214.441 habitantes [8], de los cuales aproximadamente el 44% se radica en la capital salteña. También allí se encuentra la mayoría de las industrias instaladas en la provincia y se estima que el consumo de agua por persona es elevado, alcanzando valores de aproximadamente 600 l/día [9]. De la misma manera, según el último censo, la población en algunos departamentos mostró una tendencia de aumento en relación con los censos anteriores [8].

La mayoría de las industrias pertenecientes a la provincia de Salta están localizadas en tres parques industriales ubicados en los departamentos de General San Martín, General Güemes y Salta Capital, y una menor cantidad repartidas en otros 12 departamentos. Aunque se cuenta con algunos datos de cantidad de industrias y procesos involucrados, no se conoce con detalle cuál es el uso e impacto de éstos con respecto al agua y menos utilizando a la HH como indicador, por lo que es una temática que se encuentra en alza y todavía queda mucho por hacer.

El objetivo de este trabajo fue realizar un relevamiento de las industrias de la provincia de Salta durante el año 2017, clasificarlas en diferentes rubros y analizar su relación con la población del lugar y el recurso hídrico.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Recolección de datos

Se realizó un relevamiento de datos de diferentes fuentes. Para la clasificación de las industrias se recolectaron datos de la Secretaría de Industrias de la provincia de Salta y de bases de datos de acceso libre [10].

Para analizar la tendencia de la cantidad de industrias localizadas en los parques industriales de la provincia, ubicados en Salta Capital, General Güemes y General Mosconi (perteneciente al departamento de General San Martín), se utilizaron datos de los anuarios estadísticos de Salta, en donde se pudo obtener el total de industrias radicadas en esos parques desde el año 2010 hasta el año 2015 [11].

### 2.2. Clasificación de las industrias

La información sobre las industrias se empleó para clasificarlas de tres maneras generales:

a) Según la posición de la industria en el proceso general de elaboración de un producto final, se evaluaron siguiendo la siguiente clasificación:

- *Pesadas o de base*, que transforman materias primas en productos semielaborados, los cuales son utilizados por otras industrias para su transformación final, por ejemplo mineras, petroquímicas, metalúrgicas, etc.
- *De bienes de equipo o semiligeras*, que transforman productos semielaborados en equipos de producción para las industrias, por ejemplo las industrias de transformación, las del procesamiento de materiales, las de construcción y las metalúrgicas de transformación.
- *De bienes de consumo o ligeras*, que fabrican bienes destinados al uso directo del consumidor, por ejemplo las alimenticias, textil, químicas, etc.
- *De servicios*, encargadas de brindar servicios a terceros, por ejemplo las encargadas de perforación de pozos de agua, de construcción, etc.

b) Según su tamaño o número de trabajadores: en general, cada país del Mercosur tiene su propia definición, y para Argentina, el tamaño se calcula según las ventas anuales estimadas [12] (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de industrias en Argentina según tamaño a través de venta anual estimada (\$/año).  
Modificada a partir de información disponible en literatura [12]

Tamaño/ Sector	Agropecuaria	Industria y minería	Comercio	Servicios	Construcción
<b>Micro</b>	2.000.000	7.500.000	9.000.000	2.500.000	3.500.000
<b>Pequeña</b>	13.000.000	45.500.000	55.000.000	15.000.000	22.500.000
<b>Mediana tramo 1</b>	100.000.000	360.000.000	450.000.000	125.000.000	180.000.000
<b>Mediana tramo 2</b>	160.000.000	540.000.000	650.000.000	180.000.000	270.000.000
<b>Grande</b>	>160.000.000	>540.000.000	>650.000.000	>180.000.000	>270.000.000

El rubro agropecuario (Tabla 1) tiene en cuenta actividades de agricultura, caza, silvicultura y pesca. El de industria y minería contempla la explotación de minas y canteras y la industria manufacturera y el de comercio, diferentes actividades de venta. El rubro servicios contempla las actividades de generación de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado y demás servicios (de alojamiento, de comida, enseñanza, salud humana, servicios profesionales, construcción, etc.) [12].

El valor de las ventas anuales (\$/año) se estimó a través de la base de datos "trade nosis" [10] y teniendo en cuenta el tipo de producto de elaboración.

Debido a que no es tarea fácil conseguir los datos reales de ventas de cada empresa, se determinó su tamaño también en base al número de trabajadores informado [10], utilizando el número de trabajadores de referencia ( $P_{ref}$ ) (Tabla 2).

Tabla 2: Número de trabajadores de referencia ( $P_{ref}$ ) para la clasificación de las industrias según su tamaño

Tipo de empresa	Micro	Pequeña	Mediana tramo1	Mediana tramo 2	Grande
$P_{ref}$	Hasta 10	Entre 11 y 50	Entre 51 y 250	Entre 250 y 500	Más de 500

c) Según el tipo de producto que producen, se clasificaron en: alimenticias, agroindustrias, textil, químicas, metalúrgicas, etc. Las industrias dedicadas a brindar diferentes tipos de servicios, se las clasificó dentro del rubro “servicios”.

### 2.3. Proyección poblacional

Se realizó una proyección de la población de los distintos departamentos de la provincia de Salta, teniendo en cuenta los datos disponibles en el INDEC [8], con los que se calculó la tasa de crecimiento anual (Ecuación 1). Se consideró una tasa de crecimiento geométrico, que se utiliza para períodos de tiempo largos y tiene en cuenta un crecimiento porcentual constante en el tiempo [13].

$$m = \left( \frac{f}{s} \right)^{\frac{1}{y}} - 1 \quad (1)$$

Las variables  $f$  y  $s$  representan el valor final e inicial de la población respectivamente,  $y$  es la diferencia entre el año final e inicial y  $m$  es la tasa de crecimiento expresada en fracción. Para expresarla en porcentaje, se multiplica el segundo miembro de la ecuación por 100. Se calculó  $m$  para cada departamento de la provincia, considerando tres períodos según los censos realizados por el INDEC: 1991-2001, 2001-2010 y 1991-2010. Luego se determinó el promedio aritmético de las tasas para poder estimar la población en futuros años ( $f$ , Ecuación 1).

### 2.4. Índices Poblacional, Industrial y de Industrialización

Para poder interpretar los datos, se definieron y calcularon índices para cada departamento ( $j$ ), que reflejasen la densidad poblacional y la densidad industrial.

El Índice Poblacional ( $IP$ ) para cada departamento se determinó como la relación entre la cantidad de habitantes de cada departamento que presenta actividad industrial ( $n_{h,j}$ ) y la sumatoria de la totalidad de habitantes que se encuentran en los departamentos que presentan actividad industrial ( $C=15$ ) (Ecuación 2).

$$IP_j = \frac{n_{h,j}}{\sum_{j=1}^C n_{h,j}} \quad (2)$$

El Índice Industrial ( $II$ ) para el departamento  $j$ , se calculó como el cociente entre la cantidad de industrias localizadas en un departamento  $j$  ( $n_{i,j}$ ), y la sumatoria de la cantidad de industrias de los departamentos con actividad industrial ( $C$ ) (Ecuación 3):

$$II_j = \frac{n_{i,j}}{\sum_{j=1}^C n_{i,j}} \quad (3)$$

Para un mejor análisis de los índices, se definió un tercero denominado Índice de Industrialización ( $Iind$ ) para el departamento  $j$ , como la relación entre el Índice Industrial y el Poblacional (Ecuación 4):

$$Iind_j = \frac{II_j}{IP_j} \quad (4)$$

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Salta es la octava provincia en el país desde el punto de vista de la cantidad de industrias que posee [14]. Desde el año 2017 cuenta con un total de 241 industrias repartidas en 15 departamentos. De ellas, 128 se encuentran en Salta Capital, con el 61% instaladas dentro del parque industrial (). El departamento de General Güemes, es el segundo con mayor cantidad (un total de 13%), de las cuales solamente un ingenio no se encuentra dentro del parque industrial. El tercer departamento con mayor número de empresas instaladas es General San Martín, lugar donde se encuentra el parque industrial de General Mosconi, con un total de 15 empresas () que en su mayoría se dedican a brindar servicios.

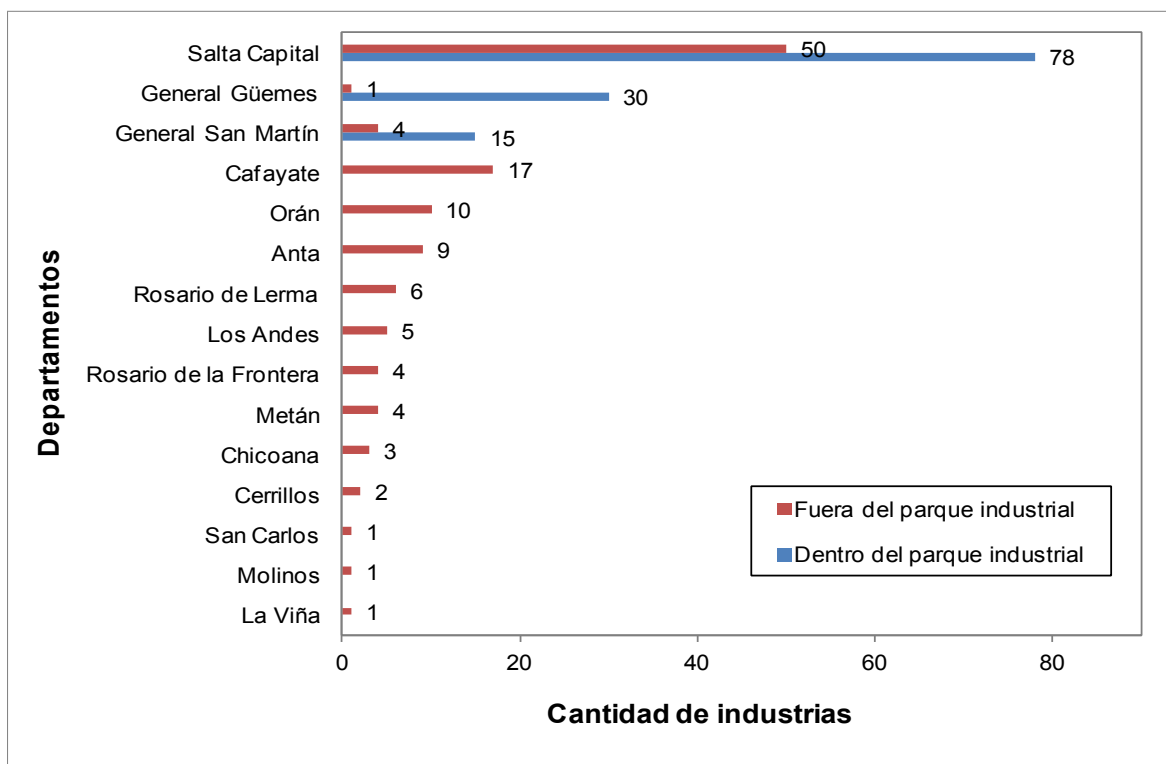


Figura 1: Cantidad de industrias, localizadas en el parque industrial (en el caso en que lo hubiera) y fuera de él, por cada departamento con actividad industrial perteneciente a la provincia de Salta.

Con respecto a la clasificación de industrias según el tipo de producto que elaboran (Figura 2a), se observó que un 30% corresponden a las alimenticias, seguidas por las de servicios (16%) y finalmente las de construcción (11%). Dentro del rubro “otros” se contemplaron los rubros cuya cantidad de industrias fue menor o igual a cuatro, donde se encuentran por ejemplo las industrias de energía, metalúrgicas y curtiembres entre otras.

A su vez, existe una marcada tendencia de las industrias de servicios y construcción a instalarse dentro de parques industriales (Figura 2a). Esto puede explicarse por la disponibilidad de servicios dentro de un parque industrial, ya que este tipo de industrias no requieren una cantidad considerable de servicios (especialmente el agua) para llevar a cabo sus actividades. Esto a diferencia de industrias como la alimenticia, que en su mayoría se ubican fuera de los parques industriales (Figura 2a), lugar donde la disponibilidad del agua puede ser mayor, debido a que en un parque industrial, hay mucha demanda del recurso, lo que disminuye la disponibilidad para todas las industrias instaladas.



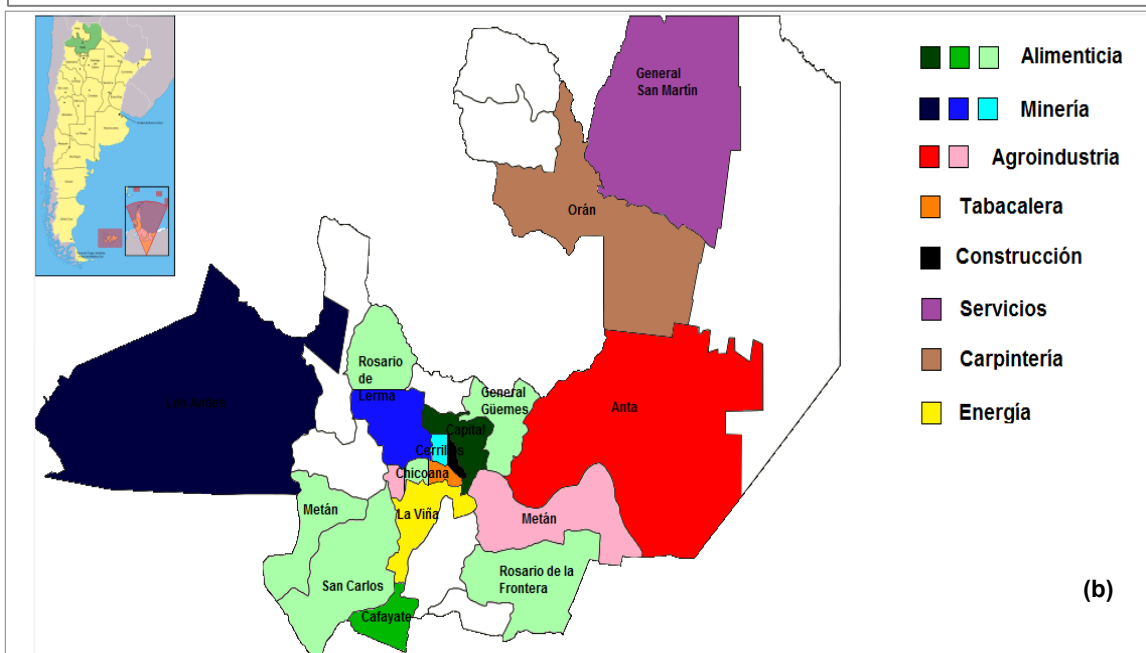
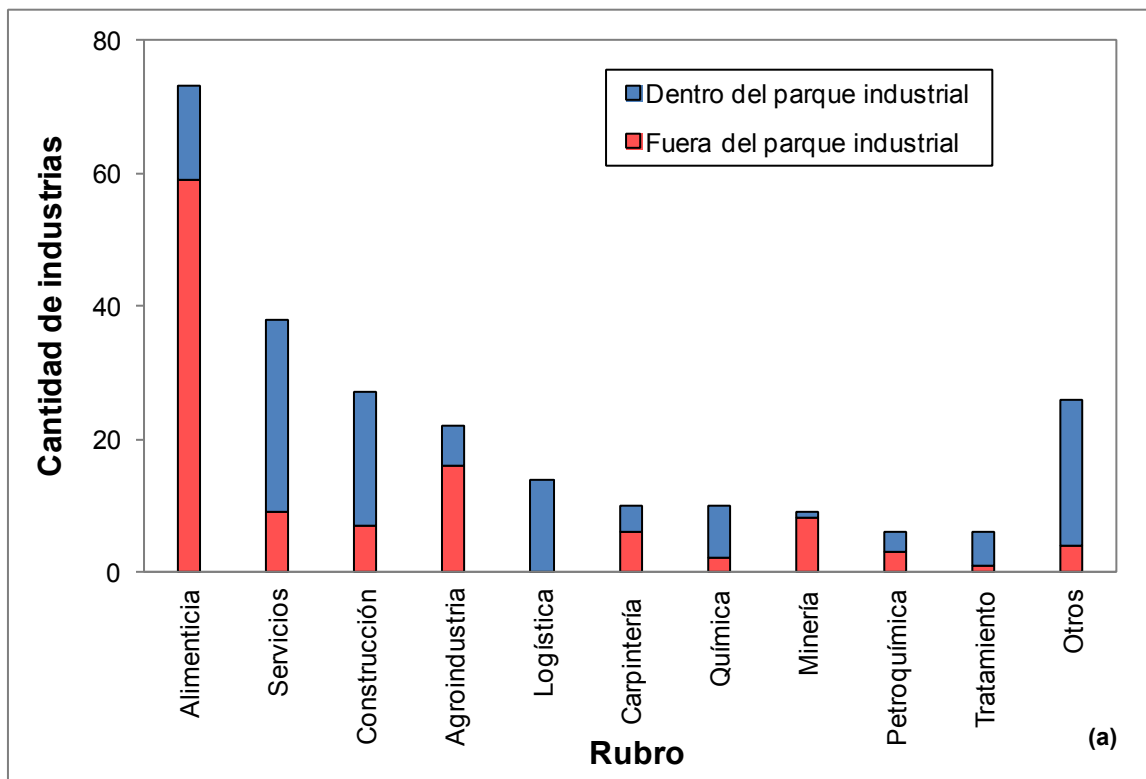


Figura 2: (a) Cantidad de industrias en la provincia de Salta, según el tipo de producto que elaboran; (b) Industrias predominantes en los departamentos con actividad industrial de la provincia de Salta (Argentina). Escalas según cantidad de industrias: Alimenticias: verde oscuro (de 26 a 39), verde intermedio (de 16 a 25) y verde claro (de 1 a 15); mineras: azul oscuro (de 4 a 5), azul intermedio (de 2 a 3) y celeste (1); agroindustrias: rojo oscuro (de 7 a 9) y rosado (de 4 a 6).

En la mayoría de industrias por departamento, el rubro alimenticio es el que predomina (42%), seguido por la minería (16%) y la agroindustria (16%). Por otro lado, en Orán predominan las industrias madereras y en La Viña, la única industria presente es una central hidroeléctrica (Figura 2b).

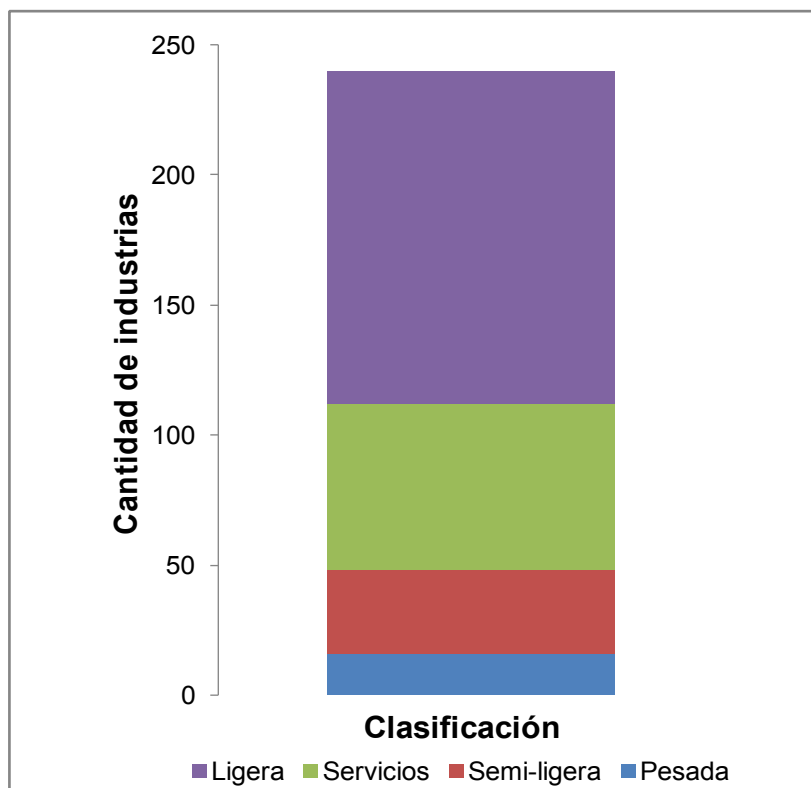


Figura 3: Cantidad de industrias según la posición en que se encuentren en base a la elaboración de un producto (Salta)

La clasificación según la posición que ocupan en la elaboración de un producto final mostró una gran tendencia hacia las industrias ligeras (53% aproximadamente), seguidas por las de servicios (27%), las semi-ligeras (13%) y por último las pesadas (7%) (Figura 3). Esto tiene sentido, ya que la mayoría se dedican a fabricar bienes para el consumidor con mayor prevalencia de las alimenticias (Figura 2a).

La clasificación por tamaño debido al número de trabajadores y la venta estimada muestran una notable diferencia entre sí para la clasificación “micro” y “pequeña”, especialmente para la construcción y la industria y minería (Figuras 4 a y b). Esta diferencia es debida a que la información utilizada proviene de una base de datos que no es de las empresas, sumado a que no necesariamente se debe corresponder la clasificación considerando el número de trabajadores (Figura 4b) con la venta estimada (Figura 4a).

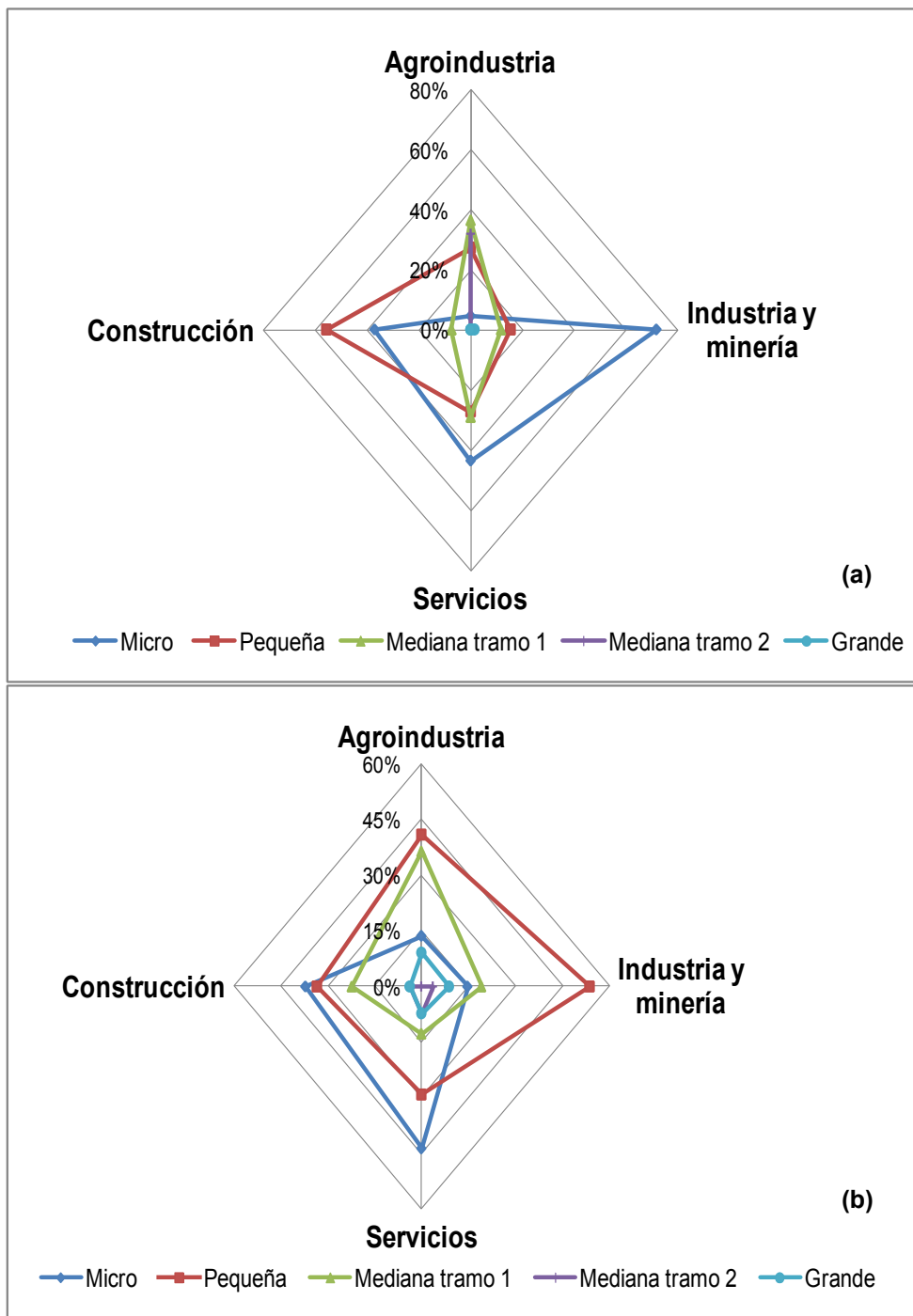


Figura 4: Porcentaje de la cantidad de industrias según el tamaño teniendo en cuenta: (a) venta anual estimada (Tabla 1), y (b) cantidad de empleados (Tabla 2)

Pese a la diferencia de porcentaje al considerar venta anual estimada o cantidad de empleados, se puede observar que la mayoría de industrias corresponden a micro o pequeñas empresas, y mayormente en los rubros de industria y minería, construcción y servicios (Figura 4).

El número de industrias instaladas en parques industriales, tiene una tendencia de aumento para los parques de General Güemes y General San Martín, sin embargo para Salta Capital, la tendencia es decreciente [11]. Esto puede estar relacionado con la disponibilidad de espacio, costos o falta de los servicios necesarios para montar una planta dentro del parque, ya que la demanda fue máxima en el año 2011, momento a partir del cual el número de industrias comenzó a disminuir [11].

La proyección de la población para los departamentos con actividad industrial, necesaria para determinar los índices poblacional y de Industrialización, mostró un aumento respecto al último censo realizado (Figura 5).

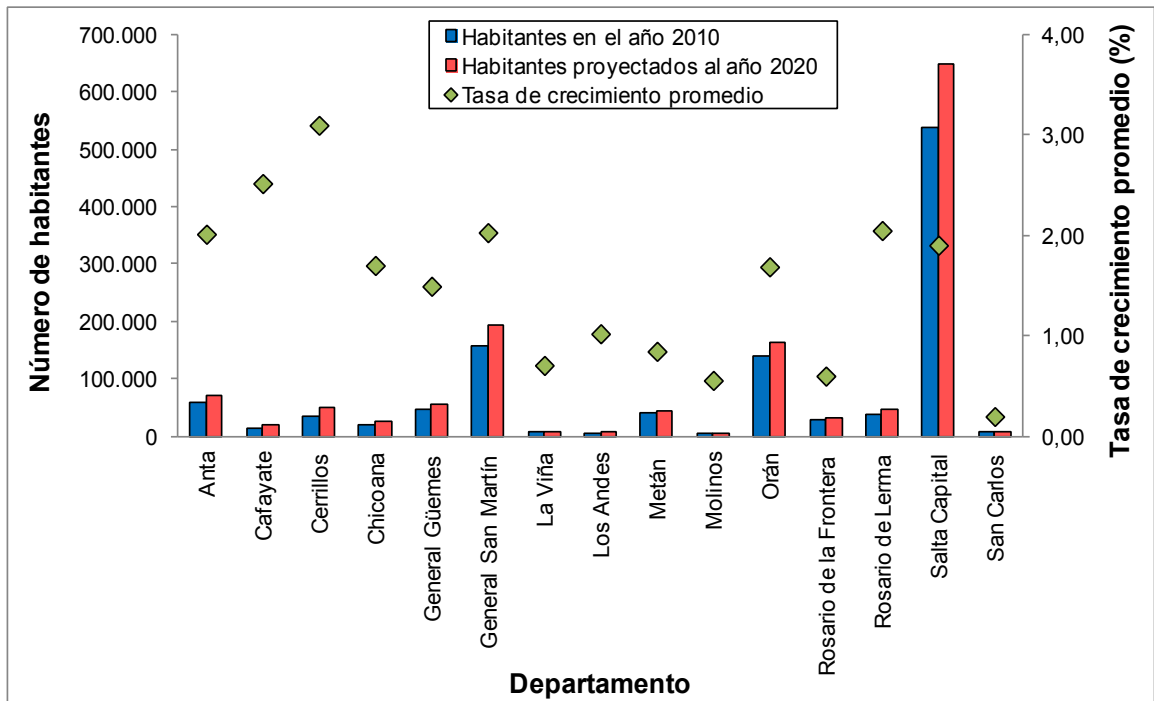


Figura 5: Tasa de crecimiento promedio en porcentaje y número de habitantes estimados para cada departamento con actividad industrial dentro de la provincia de Salta. Años 2010 y 2020

Cuando se realizó el cálculo de los distintos Índices definidos (Ecuaciones 2, 3 y 4) se pudo observar que los departamentos con mayor cantidad de industrias, como ser Salta Capital, General San Martín y General Güemes son los que muestran un *II* más alto (Figura 6). Por otro lado, los departamentos Salta Capital, Orán y Gral. San Martín, con mayor cantidad de habitantes (Figura 5), presentan un mayor *IP* (Figura 6).

Sin embargo, al analizar el Índice de Industrialización (*lind*), se encontró que lugares como Cafayate, General Güemes y Los Andes, tienen un índice más elevado en comparación con el *II* y el *IP* (Figura 6). Esto refleja la gran densidad industrial a pesar de presentar bajos valores de densidad poblacional.

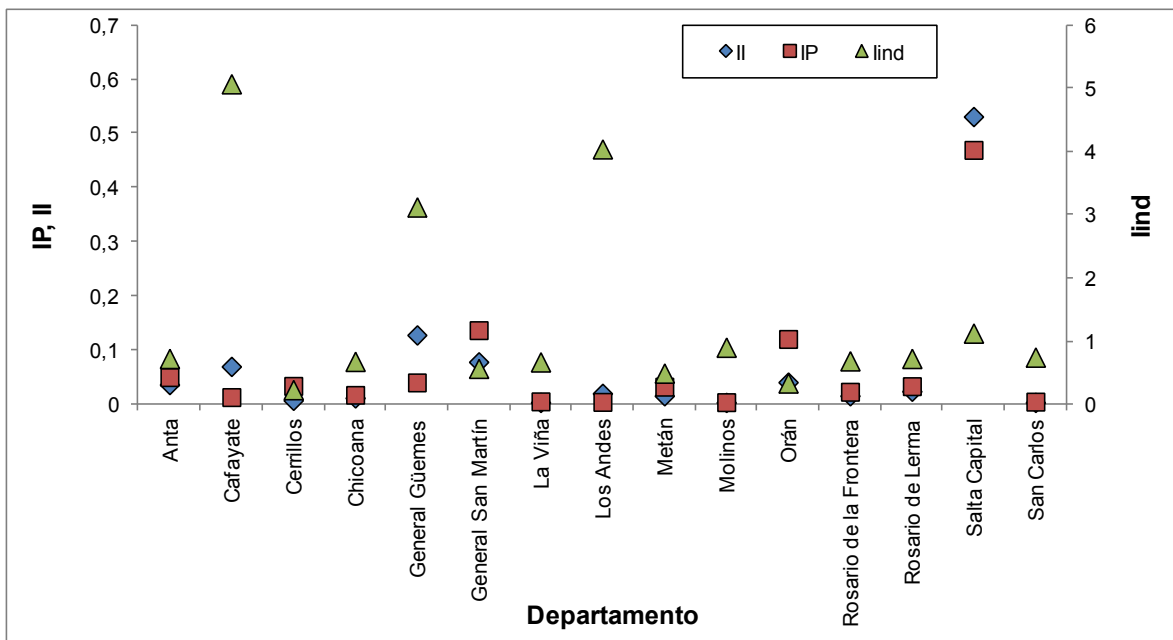


Figura 6: Índices Industrial (*II*), Poblacional (*IP*) y de Industrialización (*lind*) para los departamentos con actividad industrial de la provincia de Salta

En los departamentos con mayor Índice de Industrialización, se debe prestar especial atención al consumo del recurso hídrico por parte de las industrias, ya que si no se lleva a cabo de manera sustentable, aspectos como la calidad y disponibilidad del mismo para los ecosistemas y los habitantes, pueden verse perjudicados. El efecto podría ser aún más marcado en lugares como Cafayate, donde la urbanización es cada vez mayor (la tasa de crecimiento es la segunda más

grande de los departamentos con actividad industrial), aumentando el número de habitantes demandantes de recursos de vital importancia como el agua. Por otro lado, en lugares como Salta Capital, aunque el número de industrias es el mayor en relación a los otros departamentos, el Índice de Industrialización es bajo respecto al Poblacional. Esto remarca la importancia de la población del lugar, siendo significativo que además de que la industria gestione el agua de manera sustentable, que los habitantes se concienticen sobre su cuidado y correcto uso.

Al comparar con otras provincias del noroeste argentino, Salta se encuentra en el segundo lugar en relación a la cantidad de industrias que posee, siendo la provincia de Tucumán la que ocupa el primer lugar, con alrededor de 20% más de industrias instaladas [14]. El último censo poblacional realizado en el país, ubica a Salta en el séptimo lugar con respecto a la cantidad de habitantes, y a la provincia de Tucumán en el quinto lugar [8]. A nivel nacional, las tres provincias con mayor número de industrias al año 2017, y mayor población informada en el último censo son Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe [14][8]. Se observa la relación de que a mayor número de habitantes, mayor es el número de industrias instaladas. Esto puede explicarse por la mayor disponibilidad de mano de obra, junto con la creciente demanda de los productos y servicios. Quizás los factores limitantes que hacen rentable la instalación de industrias en lugares específicos sean entre otros, la disponibilidad de servicios y materias primas necesarias, el transporte y las comunicaciones, el mercado de consumo, y la calidad del medio ambiente [15].

Con respecto a esto último, es importante que las industrias además de satisfacer necesidades de consumo de bienes de la población, lo hagan de manera de no perjudicar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico tanto para las personas como para el medio ambiente.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó a través de la definición de diferentes indicadores la densidad industrial y poblacional de los departamentos de la provincia de Salta que presentan actividad industrial. El Índice de Industrialización mostró que en los departamentos de General Güemes, Los Andes y Cafayate es más importante que las industrias tomen decisiones para llevar a cabo una gestión sustentable de los recursos, en este caso particular, el agua. En este sentido la aplicación del indicador Huella Hídrica como herramienta para identificar los diferentes usos del agua dentro de la industria será indispensable para conocer las etapas críticas dentro del proceso productivo y tomar medidas tendientes a utilizar el recurso de manera eficiente.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] A. E. Ercin and A. Y. Hoekstra. (2014). "Water footprint scenarios for 2050: A global analysis" *Environ. Int.*, vol. 64, pp. 71–82.
- [2] FAO. (2015). "Towards a water and food secure future - Critical perspectives for policy-makers" p. 76.
- [3] B. Aylward and H. Seely. (2016). "The economic value of water for agricultural , domestic and industrial uses: a global compilation of economic studies and market prices" *Ecosyst. Econ.*, no. August, p. 47.
- [4] E. A. Montalván, L. F. Martínez, R. E. Veitia, F. O. Brígido, and C. Y. Caparrós. (2010) "Huella hídrica gris en industrias alimenticias camagüeyanas" *Rev. Cuba. Química*, vol. XXII, no. October 2016, pp. 44–50
- [5] Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2012). *Núcleo Socio-Productivo Estratégico: Recursos Hídricos. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva.*, 2012. Disponible en: <http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gov.ar/wp-content/uploads/2013/03/Recursos-hidricos2016.pdf>. Último acceso: julio 2018.
- [6] B. Civit, P. Arena, S. Curadelli, and R. Piastrellini (2012) "Indicadores de Sostenibilidad. Huella de Carbono y Huella Hídrica de un viñedo considerando distintos sistemas de riego en Mendoza, Argentina" *Enovicultura*, no. 14, pp. 2–9.
- [7] J. F. Anschau, R. A.; Bongiovanni, R.; Tuninetti, L. and Manazza. (2015). "Cálculo y Análisis de la Huella Hídrica de la Cadena Manisera en Argentina" no. 1, pp. 3–4.
- [8] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. "INDEC." Disponible en: <https://www.indec.gov.ar/>. Último acceso: julio 2018.
- [9] L. Seghezzo. (2015). "En Salta se consumen 600 litros de agua por persona". Disponible en: <https://www.lagacetasalta.com.ar/nota/16203/sociedad/salta-se-consumen-600-litros-agua-persona.html>. Último acceso: agosto 2018.
- [10] Trade Nosis. "Servicio de Búsqueda de Negocios." Disponible en: <https://trade.nosis.com/es>. Último acceso: julio 2018.
- [11] Dirección General de Estadísticas. *Anuario Estadístico de la Provincia de Salta*. Disponible en: <http://estadisticas.salta.gov.ar/anuarios-estadisticos>. Último acceso: agosto 2018 .
- [12] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos y Secretaría de Pequeña y Mediana Empresa "Resolución N° 24/2001. Modificación." Disponible en:

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/255000-259999/259547/norma.htm>.  
Último acceso: agosto 2018

- [13] A. Torres-Degró. (2008) "*Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial*" *CIDE Digit. (Etapa I)*, vol. 2, no. 1, pp. 143–162.
- [14] Ministerio de Producción de la Nación. (2018). "*Estadísticas Productivas*" 2018. Disponible en: <http://estadisticas.produccion.gob.ar/>. Último acceso: agosto 2018
- [15] P. María, S. Carnicer, L. S. Castelán, P. Alejandra, and H. T. Geraldí. (2016). "*El desarrollo industrial en la argentina. análisis desde la historia y la geografía*" *Rev. Geográfica Digit.*, vol. Año 13. N° 26.

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Secretaría de Industrias de la provincia de Salta que aportó los datos necesarios para conocer la actividad industrial que se desarrolla en la provincia, sin los cuales no hubiese sido posible el trabajo. El Ing. Martín Mainardi posee una beca doctoral financiada por CONICET (2017-2021) para la realización de su Doctorado en Ingeniería.

# Concepto de Economía Circular en las carreras de Ingeniería. Análisis de caso: industria del maní.

Quaranta, Nancy<sup>#</sup>; Caligaris, Marta; Pelozo, Gisela; Bárbaro, Laura\*

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional,  
Colón 332 (2900) San Nicolás, Buenos Aires, Argentina  
{nquaranta, mcaligaris, gpelozo, lbarbaro}@frsn.utn.edu.ar*

*# Investigador CIC*

## RESUMEN

El objetivo principal de la denominada “economía circular” es mantener el valor de los productos y recursos durante el mayor tiempo posible, en busca de reducir al mínimo los desechos hasta el punto de lograr no generar residuos. Esto permite identificar nuevas oportunidades de crecimiento mediante la necesidad de innovación, dándole a quienes se integran a proyectos de este tipo, mayor competitividad en relación a los impactos ambientales estimados, que se verán disminuidos al extraer el valor agregado que le otorgue la nueva aplicación.

En un programa de economía circular, pueden incluirse los descartes del proceso industrial propiamente dicho. La implementación de este tipo de programas se realiza mediante ciclos cortos que permiten la evaluación de la eficacia y sustentabilidad en los diferentes niveles donde se aplique. La economía circular reemplaza el modelo lineal de “tomar-fabricar-consumir-eliminar” con la alternativa de reutilización, reciclado y recuperación de materiales durante el proceso de producción, distribución y consumo. En un sistema de economía circular se mantienen los recursos dentro de la economía cuando un producto llega al final de su vida, y puede ser productivamente utilizado y valorizado una y otra vez.

Al tratarse de conceptos y procesos nuevos, éstos en general no se hallan reflejados en los contenidos curriculares, aunque es importante mencionar que, en la última propuesta de estándares para la acreditación de carreras de Ingeniería, la gestión ambiental y la sustentabilidad continúan especificadas dentro de las competencias de egreso.

En este trabajo se analizará la posibilidad de aplicar estos conceptos, a modo de ejemplo, en una industria relacionada con la producción de alimentos, en particular la industria del maní, y sobre la base de los procesos actualmente utilizados en la misma.

**Palabras Claves:** Economía circular, gestión ambiental, sustentabilidad

## ABSTRACT

The main objective of the so-called "circular economy" is to maintain the value of products and resources for as long as possible, in order to minimize wastes to the point of not generating residues. This allows new growth opportunities to be identified through the need of innovation, giving to those who are integrated into projects of this type greater competitiveness in relation to estimated environmental impacts, which will be diminished by extracting the added value granted by the new application.

In a circular economy program, the wastes of the industrial process itself can be included. The implementation of this type of programs is done through short cycles that allow the evaluation of effectiveness and sustainability at the different levels where they are applied. The circular economy replaces the linear model of "take-make-consume-dispose" with the alternative of reuse, recycling and recovery of materials in production, distribution and consumption processes. In a circular economy, system resources are kept within the economy when a product has reached the end of its life, so that they can be productively used again and again and, so, create more value.

These new concepts and processes, are not generally reflected in the curricular contents, although it is important to mention that in the latest proposal of standards for the accreditation of engineering careers, environmental management and sustainability continue to be specified within the graduate's competencies.

This paper will analyze the possibility of applying these concepts in an industry related to food production, in particular the peanut industry, and on the basis of the processes currently used in it.

## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por la disponibilidad de los recursos y la calidad del medio ambiente dio origen al concepto de desarrollo sostenible en las últimas décadas del siglo XX, planteando: *“Está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”* [1]. Se entendía que la sostenibilidad se lograba combinando tres dimensiones: económica, social y ambiental.

Paralelamente, la sociedad, las empresas y los gobiernos han abordado la sostenibilidad como un objetivo con diferentes modelos industriales y desde una perspectiva lineal. Pero es fundamental activar la transición hacia un nuevo modelo productivo que reduzca la presión sobre el medio ambiente, y que sea capaz de generar desarrollo económico y social. En este escenario, el concepto de economía circular se presenta como alternativa al modelo lineal [2].

La economía circular reemplaza el modelo lineal de “tomar-fabricar-consumir-eliminar” con la alternativa de reutilización, reciclado y recuperación de materiales durante el proceso de producción, distribución y consumo. Al contrario de la economía lineal, el sistema circular utiliza materiales reciclados para producir bienes. La producción y el suministro de bienes están diseñados para minimizar el desperdicio y, después del consumo, devolver los materiales a los fabricantes para su reutilización.

El objetivo principal de la economía circular es mantener el valor de los productos y recursos durante el mayor tiempo posible, en busca de reducir al mínimo los desechos hasta el punto de lograr no generar residuos. Como resultado, no se necesitan recursos naturales adicionales para producir materiales, y los productos descartados ya no se convierten en desechos.

En un programa de economía circular, pueden incluirse ciclos biológicos o técnicos que contribuyan al mejor aprovechamiento de los recursos involucrados, incluidos los descartes del proceso industrial propiamente dicho. La implementación de este tipo de programas se realiza mediante ciclos cortos que permiten la evaluación de la eficacia y sustentabilidad en los diferentes niveles donde se aplique.

La economía circular descansa sobre tres principios [3]:

- Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables. Cuando se necesitan recursos, el sistema circular los selecciona de forma sensata y elige tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables o de mayor rendimiento, cuando resulta posible.
- Principio 2: Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos. Esto implica diseñar para refabricar, reacondicionar y reciclar para mantener los componentes técnicos y materias circulando y contribuyendo a la economía.
- Principio 3: Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos. Esto incluye reducir los daños y gestionar factores externos como el uso del suelo y la contaminación acústica, del aire y del agua o el vertido de sustancias tóxicas.

La economía circular funciona a distintos niveles: productos, empresas y consumidores; parques eco-industriales; ciudades, regiones, países; con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible, creando simultáneamente calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras [4].

En un sistema de economía circular se mantienen los recursos dentro de la economía cuando un producto llega al final de su vida, y puede ser productivamente utilizado y valorizado una y otra vez. Además de los materiales y los residuos, el diseño del producto también es importante, es decir, un diseño que permite el uso a largo plazo de los materiales y preserva la alta calidad de los materiales después del reciclaje repetido. Los productos están diseñados para que sean modulares, versátiles y adaptables. Además, la vida útil del producto se maximiza mediante esquemas de mantenimiento, reparación y actualización.

Existen varias estrategias de circularidad para reducir el consumo de recursos naturales y materiales, y minimizar la producción de desechos. El modelo presentado en la Figura 1, define los niveles jerárquicos entre la economía lineal y la circular [5]. El nivel más bajo es 'recuperación' y describe la economía lineal. Aquí, los residuos se queman y se recupera la energía. El nivel más alto es 'rechazar' y describe la economía circular: los productos se vuelven redundantes o son reemplazados por un producto completamente diferente.

En este trabajo se analizará la posibilidad de aplicar estos conceptos, a modo de ejemplo, en una industria relacionada con la producción de alimentos, en particular la industria del maní, y sobre la base de los procesos actualmente utilizados en la misma.



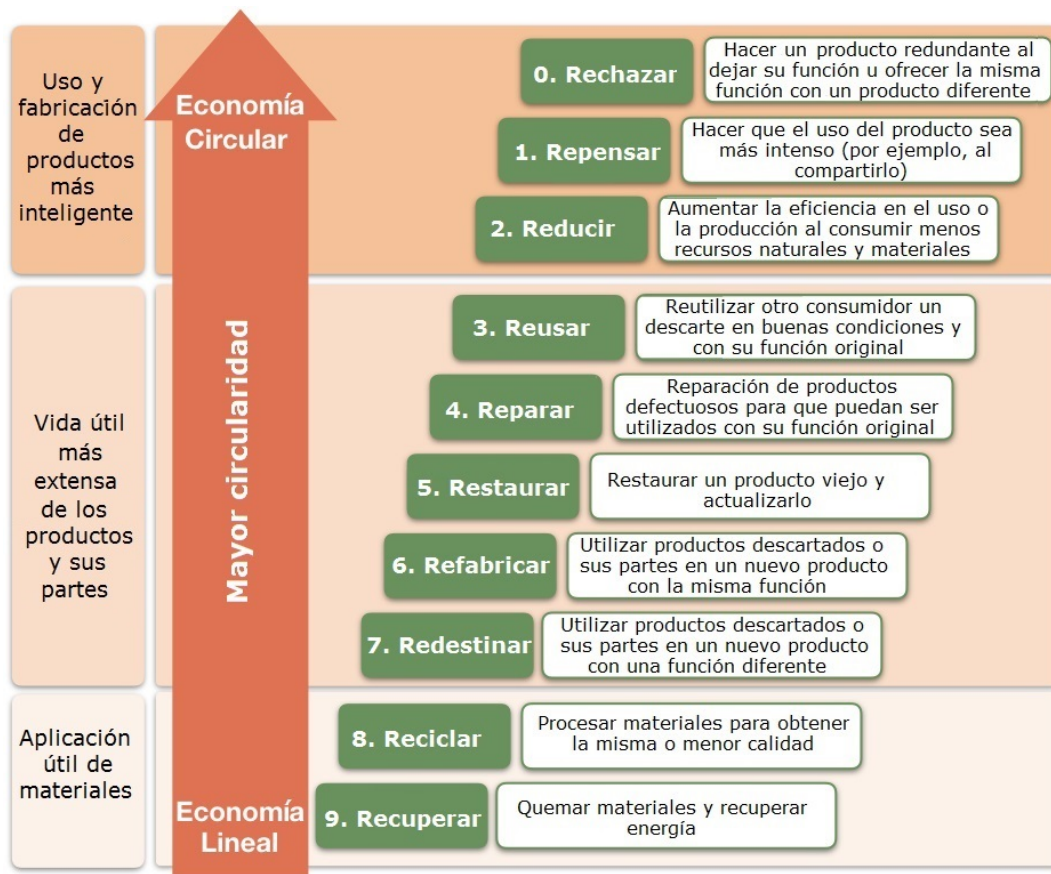


Figura 1. De la economía lineal a la economía circular.

## 2. EL INGENIERO INDUSTRIAL

La formación de grado se propone desarrollar aquellas competencias que debería poseer el recién graduado y en el nivel de desarrollo adecuado al inicio de su trayecto profesional. Una enseñanza orientada al desarrollo de competencias supone pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de realizar desde el inicio de su quehacer profesional. Facilitar el desarrollo de competencias durante el proceso de formación supone revisar las estrategias de enseñanza y de aprendizaje, de manera de garantizar que los estudiantes puedan realizar actividades que les permitan avanzar en el logro de las mismas.

El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) propone un esquema con diez competencias genéricas de egreso para las carreras de Ingeniería, cinco tecnológicas y cinco sociales, políticas y actitudinales [6]:

### Competencias Tecnológicas

1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
3. Competencia para gestionar –planificar, ejecutar y controlar– proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

### Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales

6. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
7. Competencia para comunicarse con efectividad.
8. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
9. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
10. Competencia para actuar con espíritu emprendedor.

Las competencias genéricas están vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros. Las competencias específicas son las competencias profesionales comunes a los ingenieros de una misma disciplina. Las competencias específicas para el Ingeniero Industrial se presentan en la Tabla 1 [7].

Tabla 1. Competencias específicas para el título de Ingeniero Industrial.

ACTIVIDAD RESERVADA	COMPETENCIA ESPECÍFICA
1. Diseñar, proyectar y planificar operaciones, procesos e instalaciones para la obtención de bienes industrializados.	1.1. Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
	1.2. Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
	1.3. Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo.
2. Dirigir y/o controlar las operaciones y el mantenimiento de lo anteriormente mencionado.	2.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
	2.2. Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
3. Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente.	3.1. Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional.	4.1. Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
	4.2. Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

El concepto de economía circular es novedoso y no se halla reflejado en los contenidos curriculares, pero entre los descriptores de conocimiento se encuentran, por ejemplo:

- ✓ Sustentabilidad, Higiene y Seguridad
- ✓ Economía
- ✓ Desarrollo Socioeconómico

### 3. ANALISIS DE CASO: EL MANÍ.

El maní es una legumbre originaria de Sudamérica, actualmente difundida en todo el mundo. A pesar de ser una legumbre, en la legislación alimentaria internacional es considerada una nuez. Muchas veces se considera al maní dentro de los cultivos oleaginosos por su alto contenido de aceite.

#### 3.1. La producción de maní en Argentina.

El sector agroindustrial manisero argentino está radicado principalmente en la provincia de Córdoba y constituye una economía regional emblemática para la provincia, dedicada casi exclusivamente a la exportación, ya que exporta el 95% de su producción. La Figura 2 muestra la participación de los diferentes departamentos de la provincia de Córdoba en la producción de maní [8]. En Córdoba se produce el 95% del total nacional, seguida de las producciones menores de Salta, San Luis, y Formosa.

La cáscara de maní, desecho de la industrialización del grano, representa entre una cuarta y una quinta parte de la cosecha. Se ha estudiado la biosorción de metales pesados sobre estos residuos de biomasa [9, 10], la fabricación de carbón activado [11, 12] y la incorporación en materiales de construcción [13, 14].

#### 3.2. Experiencias en desarrollo.

Cotagro produce carbón activado a partir de las cáscaras, un producto utilizado en infinidad de aplicaciones. El carbón activado se utiliza para remover color, olor y sabor a un inmenso universo de productos, por lo que es utilizado en aplicaciones sencillas como filtros de peceras y en complejos procesos industriales como el tratamiento de aguas residuales.

La fábrica es capaz de producir unas 1.200 toneladas de carbón activado anuales. Argentina consume anualmente entre 4.000 y 4.500 toneladas, de las cuales el 80% se importa. Hasta el reciente desarrollo de Cotagro, la producción doméstica se realizaba principalmente con la tala de quebracho en Chaco, o con el carozo del durazno. A partir de un desecho contaminante Cotagro elabora un producto con valor comercial.

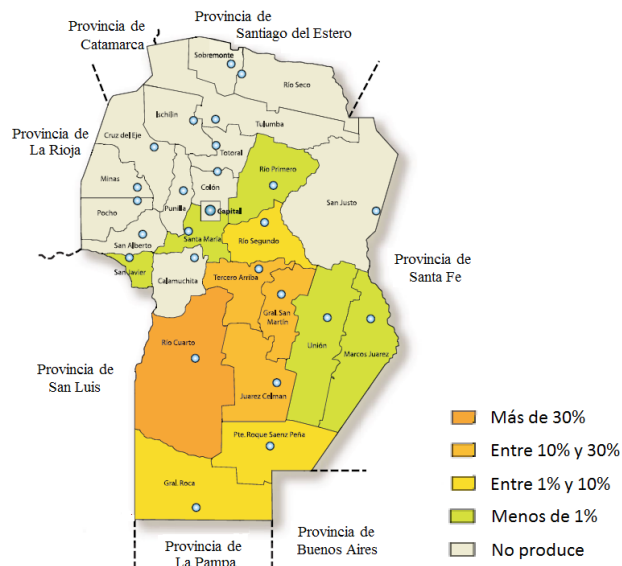


Figura 2. Participación en la producción de maní en la provincia de Córdoba.

Aceitera General Deheza, por su parte, desarrolló otro proceso. A partir de un 65-70% de cáscara de maní y un 30-35% de cáscara de girasol (desechos ambos de su actividad principal) la planta genera energía eléctrica. AGD es capaz de generar 10MWel con el consumo de 183 mil toneladas de biomasa (entre 119 y 128 mil ton/año de cáscara de maní, y entre 55 y 64 mil ton/año de cáscara de girasol), representando una alternativa limpia de generación de energía.

Por otro lado, Prodeman, quien produce anualmente 150.000 toneladas de maní, de las cuales 40.000 corresponden a las cáscaras, se propuso revalorizar uno de los subproductos de su cadena de valor construyendo una Central de Generación de Energía Eléctrica mediante el uso exclusivo de la biomasa cáscara de maní, eliminando así un pasivo ambiental y obteniendo un pasivo energético. Esta planta es una de las más importantes de las instaladas en Argentina, para la generación de energía a partir de biomasa agrícola y genera 10MWh que son suministrados al Sistema Eléctrico Nacional, abasteciendo a 18.000 hogares por año.

### 3.3. Desarrollos llevados a cabo en la FRSN

Existen antecedentes sobre el uso de este tipo de residuos de biomasa en ladrillos de construcción, principalmente con el fin de generar matrices cerámicas alivianadas. Con relación al uso de cáscaras de maní se han encontrado pocos estudios.

En el Grupo de Estudios Ambientales de la FRSN, se ha estudiado la posibilidad de usar cáscaras de maní como materia prima en la fabricación de materiales cerámicos para la industria de la construcción civil [15, 16]. Estas cáscaras provienen de la etapa de descascarado de una empresa manisera que produce, selecciona, acopia, procesa y exporta este producto. En una primera instancia, las cáscaras de maní fueron caracterizadas por diversas técnicas: microscopía óptica, análisis dispersivo en energía de rayos X y análisis térmico diferencial y termo gravimétrico para conocer sus propiedades y analizar su posible incorporación en las mezclas arcillosas para producir materiales cerámicos.

Una vez analizadas las características de las cáscaras, se realizaron mezclas de arcilla comercial con cáscaras de maní, estas últimas adicionadas en 5%, 10% y 15% en volumen, con un contenido de humedad del 8%. Estas mezclas fueron conformadas por presión uniaxial de 25MPa con el fin de obtener cuerpos en verde de 70mm x 40mm x 15mm aproximadamente. Luego, fueron tratadas térmicamente a 950°C, siguiendo curvas de cocción similares a las utilizadas por la industria cerámica.

En la Figura 3 se muestran los productos compactos obtenidos. Puede observarse que estos productos presentan una coloración homogénea en toda la muestra. El aumento de porosidad es observable a simple vista. La denominación de las muestras contiene un número que corresponde al porcentaje en volumen de cáscaras molidas agregado a las mezclas arcillosas.

Con el fin de evaluar la aptitud de estos materiales obtenidos se los caracterizó por diferentes técnicas: porosidad, módulo de rotura, variación volumétrica permanente y pérdida de peso por calcinación, entre otras, tendientes a determinar las propiedades de estos materiales. En la Tabla 2 se muestran los resultados para cada uno de los ladrillos. Se puede observar que a medida que la porosidad aumenta disminuye la resistencia mecánica. Esto demuestra que los poros, así como otras imperfecciones microscópicas actúan como entallas o puntos de tensión reduciendo en general las propiedades mecánicas de los materiales.

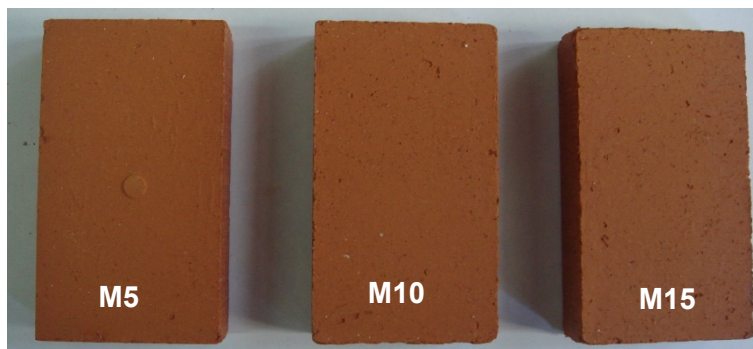


Figura 3. Ladrillos con 5%, 10% y 15% de cáscaras de maní.

Tabla 2. Propiedades de los compactos obtenidos.

	M5	M10	M15
<b>Porosidad [%]</b>	25,1	27,5	28,0
<b>Absorción de agua [%]</b>	12,9	14,4	14,9
<b>Módulo de rotura [MPa]</b>	7,0	6,7	5,5
<b>Variación volumétrica permanente [%]</b>	-4,9	-5,7	-5,8
<b>Pérdida por calcinación [%]</b>	-9,2	-9,4	-10,1

Actualmente se están realizando estudios sobre la influencia del tamaño de partícula de cáscaras de maní en la porosidad de los ladrillos. Estos estudios se están realizando separando las cáscaras en tres rangos diferentes de granulometría definidos.

Como se mencionó anteriormente, la biosorción de metales pesados sobre residuos biomásicos es una de las alternativas de reúso de las cáscaras de maní. Por esto, se están haciendo pruebas de adsorción de metales como cobre, cinc, níquel y cadmio sobre las cáscaras de maní [17].

Además, como resultado de los procesos de combustión de biomasa para la generación de energía eléctrica, se producen grandes cantidades de cenizas que quedan depositadas dentro de las empresas donde se generan y que, por lo general, no tienen una utilización directa. Estas cenizas, provenientes de la combustión del maní, también se están caracterizando para analizar su posible incorporación en la industria de la construcción civil y su aplicación como biosorbentes de metales pesados.

### 3.4. Análisis desde el concepto de energía circular

La mayoría de las reutilizaciones o nuevas aplicaciones mencionadas para el residuo biomásico tomado como ejemplo, las cáscaras de maní, si se analizan desde el concepto de economía circular, pretenden dar una mayor circularidad a la economía del proceso industrial, según el esquema presentado en la Figura 1.

En el caso de los procesos de biomasa-energía, según este esquema, se estaría en el nivel más bajo de circularidad, esto es, en economía lineal, pero nada se menciona sobre el nuevo descarte generado, las cenizas residuales de este proceso. Si en este caso, se analizara la producción de energía a partir de biomásas como el proceso industrial principal, esto es, considerando la energía como el producto obtenido, y se buscaran nuevas aplicaciones o usos de las cenizas en lugar de enviarlas a disposición final, también se estaría aumentando la circularidad de la economía, además de acercarse más al concepto de “residuo cero” tan buscado en el Desarrollo Sostenible, y contenido en los Principios de “Química Verde”, enunciados y desarrollados por primera vez por Paul Anastas y John Wagner en 1998 [18], y actualmente en vigencia ya que han sido adoptados dos años más tarde por diversas asociaciones internacionales, como la ACS (American Chemical Society) [19], y la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) [20].

## 4. CONCLUSIONES.

El presente trabajo muestra cómo, mediante el análisis de un ejemplo de proceso industrial como es la industria del maní, muy presente en la economía regional argentina, es posible desarrollar conceptos nuevos no incorporados aún en los contenidos curriculares de las carreras de Ingeniería tradicionales, como son Economía Lineal, Economía Circular, Química Verde, entre otros. Dado el reciente desarrollo de los mismos y la importancia que adquieren desde el punto de vista del Desarrollo Sostenible, y en vista de la relevancia que tienen estos conocimientos en la formación y competencia de los futuros ingenieros, se concluye que el uso de ejemplos como éste puede ser utilizado para incorporar de manera eficiente estos nuevos conceptos, incrementando las competencias específicas, tal lo recientemente recomendado por el CONFEDI.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] Brundtland, Gro Harlem. (1987). "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future" Oxford; New York: Oxford University Press.
- [2] Prieto-Sandoval, Vanessa; Jaca, Carmen; Ormazabal Marta. (2017). "Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación". *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 15, 85-95.
- [3] Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Consulta: 14/08/2018
- [4] Kirchherr, Julian; Reike, Denise; Hekkert, Marko. (2017). "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions". *Resources, Conservation & Recycling*. 127, 221-232
- [5] <https://www.changinggears.net/what-is-circular-economy/> Consulta: 14/08/2018.
- [6] CONFEDI; Giordano Lerena, R. (comp.) (2016). Competencias y Perfil del Ingeniero Iberoamericano, Formación de Profesores y Desarrollo Tecnológico e Innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI). Bogotá: ASIBEI.
- [7] CONFEDI (2018). Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina: Libro Rojo de CONFEDI. Rosario: CONFEDI.
- [8] Giuliano, Fernando. (2006). "Encadenamiento productivo del maní". Capítulo 15 en El balance de la economía argentina. Ediciones Eudecor S.R.L. Córdoba, Argentina.
- [9] Taşar, Şeyda; Kaya, Fatih; Özer, Ahmet. (2014). "Biosorption of lead II ions from aqueous solution by peanut shell: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies". *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 1018-1026.
- [10] Cheng, Quiming; Huang, Qing; Khan, Sardar; Liu, Yingjie; Liao, Zhenni; Li, Gang; Ok, Yong Sik. (2016). "Adsorption of Cd by peanut husks and peanut husk biochar from aqueous solutions". *Ecological Engineering*, 87, 240-245.
- [11] Georjin, Jordana; Dotto, G. L.; Mazutti, Marcio; Foletto, Edson Luiz. (2016). "Preparation of activated carbon from peanut shell by conventional pyrolysis and microwave irradiation-pyrolysis to remove organic dyes from aqueous solutions". *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4, 266-275.
- [12] Xu, Wenjie; Zhao, Quanlin; Wang, Rufan; Jiang, Zhenming; Zhang, Zhenzhong ; Gao, Xuewen; Ye, Zhengfang. (2017). "Optimization of organic pollutants removal from soil eluent by activated carbon derived from peanut shells using response surface methodology". *Vacuum*, 41, 307-315.
- [13] Akgül, Mehmet; Tozluoğlu, Ayhan. (2008). "Utilizing peanut husk in the manufacture of medium-density fiberboards". *Bioresource Technology*, 99, 5590-5594.
- [14] Binici, Hanifi; Aksogan, Orhan. (2017). "Insulation material production from onion skin and peanut shell fibres, fly ash, pumice, perlite, barite, cement and gypsum". *Materials today communications*, 10, 14-24.
- [15] Quaranta, Nancy; Pelozo, Gisela; Abbate, Cecilia; Caligaris, Marta; Unsen, Miguel; López, Hugo (2014). "Caracterización de cáscaras de maní y de cenizas residuales de su combustión para su posible utilización en la fabricación de materiales cerámicos". *Actas 14° Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales SAM-CONAMET/IBEROMAT/MATERIA 2014*. ISBN 978-987-692-043-8.
- [16] Quaranta, Nancy; Caligaris, Marta; Pelozo, Gisela; Césari, Andrea; Cristóbal, Adrián (2017). "Use of wastes from the peanut industry in the manufacture of building materials". *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. (2017) 223. ISBN 978-1-78466-217-2 (print). ISBN: 978-1-78466-218-9 (on-line).
- [17] Mazzola, Cecilia; Pelozo, Gisela; Quaranta, Nancy (2018) "Copper biosorption: Influence of biomass particle size". *XIII Global Summit and Expo on Biomass and Bioenergy. BIOMASS and BIOENERGY2018*.
- [18] Anastas, Paul; Warner, John (1998) "Green Chemistry: Theory and Practice". Oxford University Press: New York.
- [19] <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>. Consulta: 20/08/2018
- [20] <https://iupac.org/tag/green-chemistry/>. Consulta: 20/08/2018.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, y al Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, UTN, por facilitar el desarrollo y la presentación de este trabajo.



# Proyecto de normativa técnica: “REGLAMENTO DE INSPECCIÓN SOBRE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN”

Ing. Industrial MAURIN, JOSÉ HUMBERTO  
Ing. Electromecánico COROMINAS, CESAR DANIEL  
Ing. Electromecánico ROITMAN, HECTOR

CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIEROS Y GEOLOGOS DE MENDOZA  
Mitre 617 – Ciudad de Mendoza - [Ingenieros@copigmza.org.ar](mailto:Ingenieros@copigmza.org.ar)

MAURIN, J. Humberto <[jhmaurin@gmail.com](mailto:jhmaurin@gmail.com)> – América 6779 – Luján de Cuyo – Mza  
COROMINAS, C. Daniel <[icdc@speedy.com.ar](mailto:icdc@speedy.com.ar)> – Necochea 2010 – G Cruz - Mza  
ROITMAN, Hector, <[buddyroitman@gmail.com](mailto:buddyroitman@gmail.com)> - Mansilla 1990 – G Cruz - Mza.

## RESUMEN.

Las CALDERAS generadoras de vapor y las que usan otros fluidos térmicos además del agua para procesos de calefacción, son indispensables en la Industria, al igual que los RECIPIENTES A PRESIÓN, con fluidos comprimidos, licuados o disueltos. Todos ellos son en esencia “acumuladores de energía”. Energía que se utiliza para diferentes procesos y servicios.

En Argentina, no tiene marco normativo ni legal, sobre la inspección, operación y conservación segura de los mismos. Sólo las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Misiones, Mendoza y la C.A.B.A., han legislado sobre la seguridad operativa de estos equipos. Dichas legislaciones tienen entre sí notables diferencias. En el ámbito internacional hay numerosas normativas específicas dedicadas a 1) la Fabricación de calderas y Recipientes, 2) la Inspección de equipos en Servicio y 3) la Certificación de Reparaciones y aptitud para el Servicio.

Desde el CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIEROS Y GEÓLOGOS de Mendoza., desarrollamos un trabajo de legislación técnica comparada, tomando en cuenta especialmente el código ASME, el Reglamento Español de recipientes a presión y la Normativa de Reglamentación de Brasil (NR13). Con el Objetivo de proponer actualizar, ampliar e integrar las normas de inspección y habilitación sobre Calderas y Recipientes a Presión, procurando un aporte al uso eficiente de la energía que estos equipos acumulan y una contribución a la conservación y uso confiable de activos industriales en todas las actividades que aplican y usan vapor, fluidos caloportantes, gases comprimidos, licuados y/o disueltos y demás equipamiento vinculado.

El trabajo se inició en el año 2004; en el año 2007 lo presentamos como propuesta formal; en 2011: fuimos co-autores de la Res. 3520 STSS, y en 2014 nos unimos a la formación de la JUNTA NACIONAL DE INSPECCIÓN DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN coordinada por el INTI, con nuestros mismos objetivos. Continuamos trabajando.

**Palabras Claves:** Calderas. Generadores de Vapor. Recipientes o Aparatos a Presión.

## ABSTRACT

Industry relies in devices that generate and manage energy to develop products and services. As such, power boilers, heating boilers, and various pressure vessels, generate energy with the use of fluid elements. Being energy elemental in the process and the result, there is a need to develop regulations for the use of these machineries.

In Argentina, there isn't a current regulation on the subject on a national level. In some provinces, the previous work on the matter has relied on international regulations. The COPIG Mza is developing a governmental law project to improve the regulation and managing of such equipment and processes.

**Tag:** Power Boiler. Heating Boiler. Pressure Vessel. Inspection code.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las CALDERAS generadoras de vapor y las que usan otros fluidos térmicos además del agua para procesos de calefacción, son indispensables en la Industria, al igual que los RECIPIENTES A PRESIÓN, con fluidos comprimidos, licuados o disueltos. Todos ellos son en esencia “**acumuladores de energía**”.

Si hiciéramos una revisión histórica referida al uso de este tipo de equipos, complejos y de elevado riesgo, veríamos que su uso fue variando y adaptándose a la tecnología disponible. Desde la primera locomotora a vapor en 1804<sup>i</sup>, pasando por el uso de calderas generadoras de vapor que brindaban energía mecánica a industrias del siglo XIX, para luego afianzarse como los dispositivos más eficientes para el uso del calor, en la pasteurización de alimentos, la desinfección de material quirúrgico, el lavado industrial y el desarrollo de procesos de cocción, concentración, maceración y otros.

Actualmente disponen de calderas: Industrias alimenticias, mataderos y frigoríficos de animales para consumo humano, concentradores de mostos, fábricas de bebidas con y sin alcohol, la industria vitivinícola, lavaderos industriales, hospitales, industrias químicas, Refinerías de Petróleo, industrias petroquímicas, campos petroleros. Procesos de desinfección de terrenos para la siembra y horticultura con vapor utilizan calderas. Las ventajas de utilizar el calor acumulado en el agua siguen siendo el “secreto termodinámico” máspreciado.

Continúan usándose los procesos de generación de energía mediante turbinas de vapor y es cada vez más usual la aplicación de calderas de cogeneración, que utilizan escapes de turbinas generadoras de electricidad, para generar vapor destinados a los procesos industriales. Debemos considerar también la creciente aplicación destinada a la calefacción o aplicación de la energía térmica mediante fluidos calo portantes para usos industriales

### 1.1. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL

Si bien el vapor industrialmente se lo usa desde 1780 aproximadamente, hay registros de accidentes por explosión en calderas de barcos desde 1817. Entre 1910 y 1914 se registraron más de 140 explosiones de calderas por año. En 1911 los fabricantes y usuarios de calderas y recipientes a presión recurrieron al consejo de los especialistas **A.S.M.E.** (American Society of Mechanical Engineers). En 1914 ASME publicó su primer volumen de la norma.

Hoy El Código ASME está constituido por 12 secciones, reconociéndoselo como uno de los estándares más aplicado en el mundo.

- *Sección I:* *Reglas de construcción de **Generadores de vapor** (Power Boilers)*
- *Sección II:* *Materiales para la construcción de Calderas y Recipientes a presión*
- *Sección III:* *Componentes para centrales nucleares*
- *Sección IV:* *Reglas para la construcción de **Calderas de calefacción** (Heating Boilers)*
- *Sección V:* *Exámenes y ensayos no destructivos*
- *Sección VI:* *Mantenimiento y operación de calderas de calefacción*
- *Sección VII:* *Mantenimiento y operación de generadores de vapor*
- ***Sección VIII:*** ***Reglas para la construcción de Recipientes a Presión** (Pressure Vessel)*
- *Sección IX:* *Calificación de soldadores*
- *Sección X:* *Recipientes a presión de P.R.F.V.*
- *Sección XI:* *Reglas para la inspección en servicio de plantas nucleares*
- *Sección XII:* *Reglas para la construcción y servicio de tanques de transporte.*

Los estándares de ASME son utilizados para definir los criterios de fabricación que, en EEUU, Canadá y otros países que lo han adoptado, basando sus programas de inspección en los Códigos del National Board. (**NBB&PVI** : The National Board of Boiler & Pressure Vessel Inspectors) La Junta Nacional (en EEUU) de Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión.

El **NBIC** (el Código de Inspección de la Junta Nacional) tiene 3 volúmenes o secciones destinadas a: 1) Instalación de Calderas y Recipientes a Presión, 2) para la Inspección de equipos en fabricación y en servicio y 3) para la Reparación y Alteraciones de los mismos.

Son muy aplicados también la norma alemana **AD 2000 Merkblatt - Code for Pressure Vessel**; El **Reglamento Español de Recipientes a Presión**, Las Normas **UNE- EN 12953 -3 / 2017**; La Norma Reglamentaria **NR 13** de Brasil, el **British Code BS 5500** de Inglaterra, entre otras referencias.

## 1.2. ANTECEDENTES LEGALES NACIONALES

Ley 19587 - HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Año 1972 Anexo I Decreto N° 351/79  
CAPITULO 16 Aparatos que puedan desarrollar presión interna

- Para calderas, establece requisitos sobre instalación, operación y dispositivos de control. En cuanto a inspección, establece que deberán ser inspeccionadas una vez al año. Para recipientes, establece los dispositivos de seguridad y control con que estos deben contar. No establece metodología ni criterios de inspección

## 1.3. ANTECEDENTES LEGALES EN LAS PROVINCIAS



*Provincias con legislación sobre Calderas y Recipientes a Presión*

- **Provincia de Buenos Aires:** Resolución 231/1996. Y modificatorias: Resoluciones 266 / 1996; Res 129 / 1997; Res 435 / 1997; Res 529 / 1998; Disposición 4 / 1999; Resolución 738 / 2007. Resolución N° 1126 / 2007
- **CABA** (Ciudad Autónoma de Bs As) : Ordenanza 27708 / 1973; Decreto 977 / 1974; Ordenanza Municipal 33677 / 1977; Ordenanza 34791 / 1979; Decreto 887 / 1979; Resolución 16082 / 1980. Regulan calderas, Instalaciones térmicas y Combustibles para instalaciones y definen un seguro obligatorio para calderas.
- **Provincia de Córdoba:** Decreto 536/97
- **Provincia de Santa Fe:** Ley 1373/1907 Decreto 640/92. Reglamento 605 / 2016
- **Provincia de Misiones:** LEY 104 -Julio 2010

## 1.4. ANTECEDENTES LEGALES EN LA PROVINCIA DE MENDOZA:

- Decreto Ley 502 / 1923 Reglamentario de la Ley de Accidentes del trabajo 9688, que indicaba las condiciones básicas de seguridad y Pruebas hidráulicas cada 2 años
- Decreto Ley 5475 / 1971. Con detalles técnicos de componentes 2 valvulas de seguridad, 2 sistemas de alimentación, detalles de aspectos operativos e incluyo las preguntas del examen que debían superar los “foguistas” operadores de tales equipos.
- Resolución 2136/ 2001- STSS: Especifica los procedimientos administrativos para la habilitación.
- Resolución 2.442/2002-STSS-02 Crea Registros para fabricantes, Profesionales, empresas y Operadores de Recipientes con y sin fuego. E incluye los contenidos del Curso de Operadores de Calderas y Rec a Presión con y sin fuego.
- Resolución 3520/2011: Define los procedimientos de inspección y habilitación de los Recipientes a Presión acumuladores de Aire comprimido. – co-autores

Los aspectos técnicos básicos vigentes para calderas siguen siendo los del Decreto de 1971 ( Dec Ley 5475). Entre las legislaciones de las diferentes provincias existen notables diferencias.



## 2. DESARROLLO

El propuesto "Reglamento de Recipientes a Presión" fue elaborado con los siguientes

### 2.1. OBJETIVOS:

- a) **Garantizar la seguridad, operatividad, control y conservación** de las instalaciones y recipientes como activos industriales; proteger los factores ambientales sujetos a la gestión o vinculados a la acción de los equipos e instalaciones con recipientes sometidos a presión o susceptibles de actuar bajo efecto la presión. **Garantizando la seguridad a los operarios** y demás personas que puedan permanecer en las cercanías de los recipientes, aparatos o instalaciones sometidas o susceptibles de ser sometidas a presión.
- b) **Procurar condiciones de eficiencia térmica** en los procesos y servicios generados o asistidos por dichos equipamientos, para la industria y demás usuarios. **Definiendo criterios mínimos para el montaje, control operativo, verificación y mantenimiento.**
- c) Definir objetivamente los estándares para determinar la **Aptitud para el Servicio** y analizar la **Vida Útil Remanente** de equipos, instalaciones y aparatos sometidos a presión.
- d) **Establecer las responsabilidades** que le competen a cada profesional con incumbencias específicas y a cada una de las personas físicas y/o jurídicas que intervienen, en la operación vigilancia y control de dichas instalaciones.
- e) **Definir, ampliar, precisar y mantener actualizados los criterios técnicos** de aceptación y procedimientos de inspección para la fabricación, montaje, control operativo y habilitación de equipos, instalaciones y aparatos sometidos a presión.

### 2.2. CONTENIDOS ANALIZADOS:

El trabajo se divide básicamente en 3 grandes capítulos y anexos con formularios y criterios.

- 1) Generalidades sobre instalaciones y recipientes sometidos a Presión
    - Glosario
    - Definiciones y exclusiones
    - Clasificación y ámbito de aplicación
  - 2) Instalaciones y equipos con Recipientes a Presión sin fuego
    - Equipos e instalaciones con Aire comprimido
    - Recipientes para gases comprimidos licuados y disueltos. Tales como Acetileno, Anhídrido sulfuroso, Dióxido de Carbono, GNC, GLP,
    - Otros gases comercializados. (Hidrogeno, Argón, Óxido de Etileno)
    - Recipientes e Instalaciones con fluidos criogénicos y refrigerantes. Gases del aire (N2, O2, instalaciones criogénicas). Instalaciones Frigoríficas (NH3, etc.)
  - 3) Instalaciones y equipos con Recipientes a Presión con fuego
    - Calderas generadoras de vapor piro tubulares de proceso
    - Calderas inundadas para calefacción
    - Calderas acuo-tubulares de alta presión – no desarrollado
- Anexos.
- Listados de Verificación. (Check list)
  - Instalaciones y Salas de máquinas
  - Responsabilidades de los profesionales y demás personas involucradas

### 2.3. DEFINICIONES

En el primer ítem o apartado sobre: **Generalidades de los Recipientes sometidos a Presión**, establecimos un **Glosario** en orden alfabético, donde precisamos cada termino aplicado, para evitar habituales controversias.

La palabra o término más común que en la práctica da lugar a diferentes significados es:

**CALDERA (todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor).**

Los términos: *caldereta, calderín, calefón, calentador* u otros términos análogos o denominaciones comerciales de uso corriente, no tienen ningún significado técnico sustentable. Todo equipo que utilice agua u otro fluido térmico y acumule en dicho fluido la energía térmica obtenida de cualquier fuente posible, es técnicamente una caldera.

La presión acumulada en condición operativa o la posibilidad eventual de acumular presión ante una falla por una eventual falla de sus dispositivos operativos, y la condición de seguridad que deben cumplir los equipos de combustión asociados, los constituye como equipos de alto riesgo si no se cumplen las condiciones de seguridad que establecen las normas técnicas en cada caso particular.

Consideramos necesario definir con claridad que debe entenderse como Equipos, Recipientes o Aparatos a Presión: ... **todos los recipientes que acumulan energía en forma de presión, de manera permanente o transitoria y/o pueden desarrollar presión por efecto de la energía transferida desde o hacia otra fuente.**

## 2.4. EXCLUSIONES

De igual manera, y bajo los criterios del Reglamento español de Recipientes a Presión, establecimos las **Exclusiones**, explicitando que **no deben ser considerados como Recipientes a Presión** bajo los criterios de regulación y control del Reglamento propuesto, los siguientes:

- a. **Equipos para los que la Presión no constituye un factor significativo a nivel de diseño, tales como:** Los motores de combustión interna; Las turbinas; Las máquinas compresoras; Las máquinas de vapor, las turbinas de gas y de vapor, los turbogeneradores; las bombas de impulsión y/o recirculación; Los dispositivos de accionamiento.
- b. Las **Tuberías o redes** de conducción, distribución o evacuación de fluidos ...
- c. Los radiadores y los tubos en los sistemas de calefacción por agua caliente.
- d. Los **equipos destinados al funcionamiento de los vehículos automotores.** Los silenciadores de escape y de admisión de cualquier vehículo, equipo o instalación
- e. Los **aparatos diseñados específicamente para uso nuclear ... regulados por otras normas, disposiciones y controles técnicos más estrictos.**
- f. Los **equipos de control de pozos que se utilizan tanto en la industria de prospección y extracción de petróleo, de gas o geotérmica como para el almacenamiento subterráneo, diseñados para contener o controlar la presión de los pozos.** Dichos equipos incluyen la cabeza de pozo, los dispositivos para control de surgencia, las tuberías y colectores, así como sus equipos auxiliares previos.
- g. Los **altos hornos**, con sus sistemas de enfriamiento.
- h. Las **cubiertas presurizadas** que rodean los elementos de sistemas de transmisión, etc. ....
- i. Los **barcos, aeronaves o unidades similares móviles**, así como los equipos específicamente destinados a ser instalados a bordo de los mismos o a propulsarlos.
- j. Los **equipos a presión compuestos por una cubierta flexible**, como, por ejemplo, los neumáticos, los colchones de aire, las embarcaciones inflables y otros similares.
- k. Las **botellas plásticas, de vidrio u otros materiales o recipientes metálicos (latas)** para bebidas presurizadas con gas carbónico destinadas al consumo final.
- l. Los recipientes generadores de aerosoles. Los recipientes destinados al transporte y a la distribución de bebidas gasificadas contempladas dentro del código alimentario.
- m. Los recipientes destinados a contener líquidos y gases cuya presión de gas por encima del líquido no sea superior a 0,15 MPa, o los recipientes de Gases licuados cuya presión de vapor no sea superior a 0,15 MPa
- n. Quedarán también eximidos de las exigencias de esta versión del Reglamento, aquellos aparatos sometidos a presión que se encuentren por debajo de los límites de volumen y presión establecidos precedentemente para cada categoría ...

## 2.5. CLASIFICACIÓN:

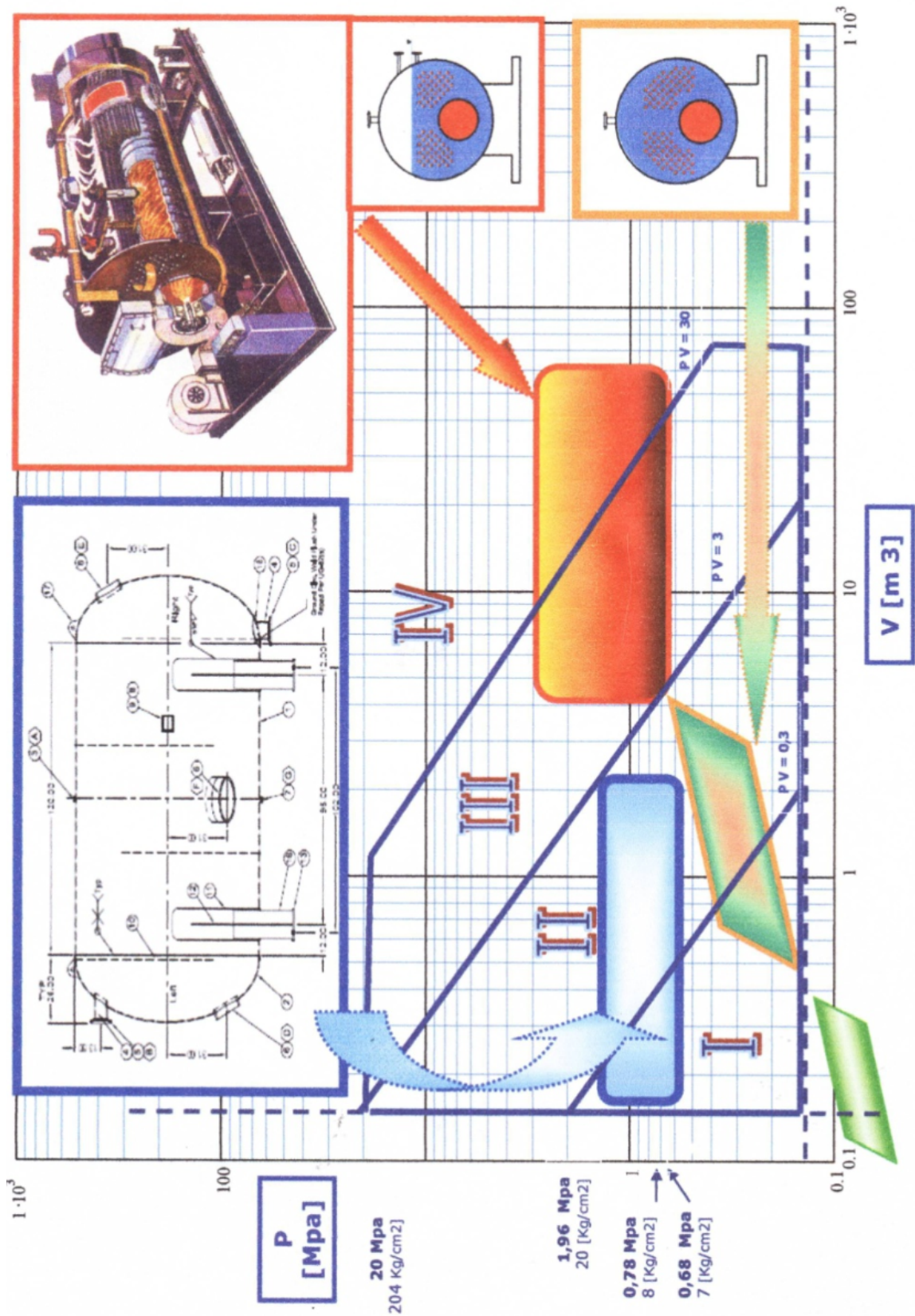
Los equipos y Recipientes sometidos a presión son clasificados con distintos criterios de seguridad según su volumen geométrico y presión de trabajo, en nuestra propuesta incluimos además criterios de potencia térmica involucrada.

<b>GRUPO De Riesgo potencial</b>	<b>Volumen geométrico[m<sup>3</sup>]</b>	<b>Presión de Trabajo [Mpa]</b>	<b>Potencia Q [Kw]</b> (Calefacción [Kcal/h] o Refrigeración [Ton Refrig.])	<b>Observaciones</b>
<b>No serán considerados Rec. a Presión</b>	<b>V =&lt; 0,150 m<sup>3</sup></b> V=< 150 litros	<b>PT =&lt; 0,15 Mpa</b> Pt =<1,5 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Q &lt;= 110 KW</b> Q <= 94.646 Kcal/h Q <= 31,24 Ton Ref	Si las condiciones V, P y/o Q se satisfacen
<b>I</b>	<b>P [Mpa]. V [m<sup>3</sup>] &lt;= 0,3</b>		<b>110 KW &lt; Q &lt;=450 KW</b> 94.646 Kcal./h < Q <= 387.189 Kcal./h 31,24 Ton Ref < Q <=127,80 Ton Ref	Dado un recipiente cuya productoria <b>P [MPa] x V[m<sup>3</sup>]</b> lo califique en un grupo de riesgo y cuya condición de <b>Potencia Q [Kw]</b> (Calefacción [Kcal/h] o Refrigeración [Ton Refrig.]) en condiciones de transferir (si corresponde), lo incluya en otro grupo, dicho recipiente <b>quedará calificado: en el grupo de &gt; N° equivalente al &gt; riesgo potencial</b>
<b>II</b>	<b>0,3 &lt; P [Mpa]. V [m<sup>3</sup>] &lt;= 3</b>		<b>450 KW &lt; Q &lt;=900 KW</b> 387.189 Kcal/h < Q <= 774.378 Kcal/h 127,80 Ton Ref < Q <= 255,60 Ton Ref	
<b>III</b>	<b>3 &lt; P [Mpa]. V [m<sup>3</sup>] &lt;= 30</b>		<b>900 KW &lt; Q &lt;= 1.800 KW</b> 774.378 Kcal/h < Q <= 1.548.756 Kcal/h 255,60 Ton Ref < Q <= 511,20 Ton Ref	
<b>IV</b>	<b>30 &lt; P [Mpa]. V [m<sup>3</sup>]</b>		<b>1.800 KW = &lt; Q</b> 1.548.756 Kcal/h = < Q 511,20 Ton Ref = < Q	
	<b>70 m<sup>3</sup> &lt;= V</b> a PT > 0,15 Mpa <b>20 MPa &lt;= PT</b> 204,8 Kg/cm <sup>2</sup> <= PT a cualquier Vol.		Cualquier cantidad de Energía transferida con combustibles cuyo poder calorífico sea superior a los 100 MJ /m <sup>3</sup> o a los 70 MJ/Kg. según corresponda, o bien con recipientes que contengan fluidos de intercambio térmico combustibles (ejemplo: aceites)	
	Recipientes con Fluidos: combustibles, comburentes, explosivos o inestables a cualquier <b>PT o V</b>			

Cuadro de Clasificación según el Grupo de Riesgo potencial

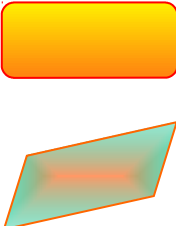
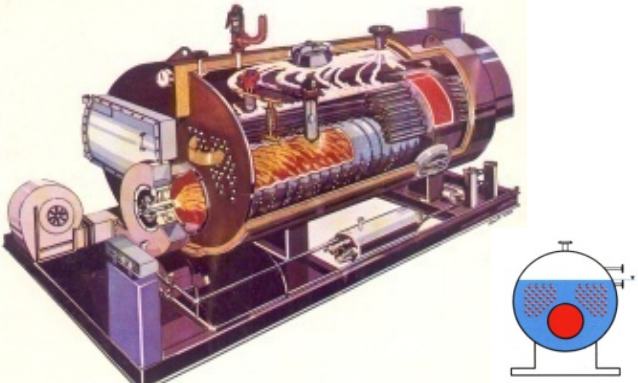
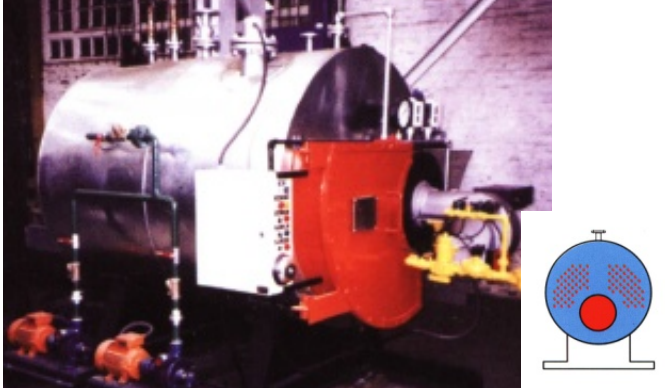

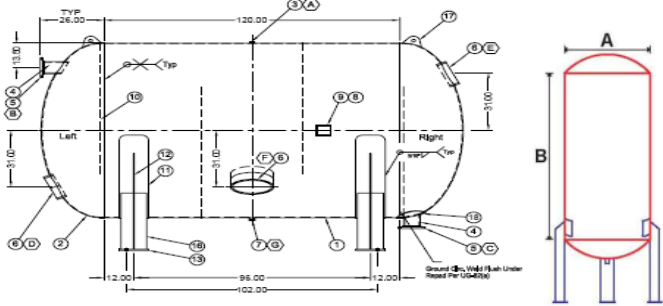
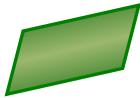

De este modo equipos relativamente pequeños (de poco volumen), pero operados con grandes potencias térmicas, grandes quemadores o equipos compresores refrigerantes de potencias importantes deben ser considerados por el mayor riesgo potencial.

Si ubicamos la clasificación precedente en un diagrama P V doble logarítmico, podemos visualizar los tamaños y los niveles o grupos de riesgo potencial



Cuadro gráfico comparativo de Volúmenes y Presiones según los Grupos de Riesgo potencial

Las zonas aproximadas identificadas están referidas a:

	<p>Generadores de vapor</p>	
	<p>Calderas inundadas de recirculation</p>	
	<p>Recipientes a presión sin fuego</p>	
	<p>Calderas de agua potable sanitaria y/o calefacción (doméstica)</p>	

## 2.6. APLICACIÓN PROGRESIVA DEL REGLAMENTO PROPUESTO.

Uno de los aspectos prácticos que más valoramos fue prever la aplicación de medidas de seguridad en forma evolutiva, es decir: diferenciando las instalaciones existentes, para las cuales asignamos medidas y criterios de seguridad mínimos básicos, y simultáneamente explicitando que dichas instalaciones en un plazo de 3 años posteriores a la puesta en vigencia de la normativa, deberán ajustarse a criterios más prudentes y preventivos. Esto permitiría una adecuación gradual a equipos e instalaciones fabricadas e instaladas con otros criterios.

Recordemos que nuestra realidad industrial y de servicios convive con equipos construidos sin certificación alguna, sin cumplimiento de normas, sin ingeniería asociada a su diseño y cálculo.

Por último, en una cuarta columna de criterios de seguridad se definían las condiciones que deben cumplir las instalaciones nuevas, proyectadas a instalarse después de 18 meses de entrada en vigencia del Reglamento propuesto.



Como ejemplo se expone consideraciones de seguridad aplicadas a Recipientes a Presión sin fuego, específicamente Aire comprimido, Calificados en Grupo II, para  $P \text{ [Mpa]} \times V \text{ [m}^3\text{]} > 0,3$

<i>Ejemplo sobre Equipos Acumuladores de Aire Comprimido</i>	<i>Instalaciones Existentes Condiciones Mínimas de seguridad</i>	<i>Instalaciones Existentes Condiciones a cumplir luego de 3 años</i>	<i>Instalaciones nuevas o proyectadas</i>
<i>Sistema de Energía</i>	<i>Seguridades mínimas del Res 351/79 Ley 19587/72 X ejemplo: Un presóstato de corte</i>	<i>+ Seguridades básicas según Reglamento AEA (Asociación Electrotécnica Argentina)</i>	<i>+ Seguridades básicas según Reglamento AEA (Asociación Electrotécnica Argentina) + Incluir cuenta horas de funcionamiento</i>
<i>Sistema Estructural Mecánico</i>	<i>Habilitación del Recipiente sometido a presión</i>	<i>Habilitación del Recipiente con placa de datos técnicos + Ampliación de VUR con certificación de cálculo visado</i>	<i>+ Placa de datos técnicos estampada por fabricante. + Certificación del fabricante de los materiales, diseño y cálculo aprobados y visados</i>
<i>Sistema Neumático</i>	<i>Purga manual de condensados Una válvula de Seguridad</i>	<i>+ Purga manual de condensados + Una válvula de seguridad con certificación de selección y calculo</i>	<i>+ Purga automática de condensados + Una válvula de seguridad con certificación de selección y calculo</i>

*Cuadro ejemplificativo de condiciones de seguridad progresivas*

El detalle precedente es solo descriptivo, para ejemplificar. En el Reglamento se incluyen en cada columna los ítems identificados numéricamente en el texto. Por las limitaciones lógicas del presente trabajo, (12 páginas) resulta imposible detallar todos los contenidos. El trabajo original fue de 124 páginas, una versión posterior en 2009 fue de 91 páginas, donde aún no estaban incluidos una serie de recipientes e instalaciones que se dejaron “a desarrollar” por tener normas específicas ISO y estándares IRAM. Sólo el Check List completo dedicado a calderas piro tubulares tiene 12 páginas.

Los profesionales interesados podrán consultar el proyecto cuando el mismo esté terminado en [www.copigmza.org.ar](http://www.copigmza.org.ar) o solicitar los Check List actualizados a los autores por a la dirección electrónica [ingenieros@copigmza.org.ar](mailto:ingenieros@copigmza.org.ar).

## **2.7. SOBRE LA ACTUALIZACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA NORMA**

Es importante destacar que consideramos que las normativas técnicas, como la propuesta, se trabajen como Reglamentos vinculados a la legislación, pero fuera de los textos de las leyes, Resoluciones u ordenanzas del poder público.

Dichos instrumentos legales son absolutamente necesarios para la puesta en vigencia de las normas, pero las normas manejan tiempos y dinámicas diferentes a las consideraciones legislativas, por la lógica evolución tecnológica.

Esto que exponemos esta materializado en la mayoría de las normas técnicas internacionales:

El **Código ASME** (American Society of Mechanical Engineering) y los Códigos del **NBB & PVI** (National Board of Boilers and Pressure Vessels Inspectors) se actualizan conforme los criterios de dichas instituciones consideran necesario, entre versión y versión se agregan adendas o se incluyen como aclaraciones los denominados casos código. Mientras que las leyes y disposiciones legales, exigen el cumplimiento de la última versión del mismo.

En el **Reglamento Español de Recipientes a Presión**, se distingue entre el **Real Decreto** que pone en vigencia la normativa con consideraciones generales y objetivos de política económica,

de las **Disposiciones Técnicas Transitorias** cuya actualización no requiere de un nuevo decreto real.

En nuestro país esta dinámica esta implementada en otras especialidades técnicas reguladas, tales como: el conocido “Código de construcciones sismorresistentes” (usualmente denominado CIRSOC). Este código fue desarrollado y es actualizado por dos Consejos profesionales (el CoPIG de Mendoza y el Consejo de Ingenieros de San Juan) y por el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial).

Lo mismo ocurre con las normas de la AEA (Asociación Electrotécnica Argentina). Las ordenanzas municipales y legislación vinculada incluida la ley de Seguridad e higiene Laboral en sus decretos reglamentarios exigen el cumplimiento de la última versión de los Códigos CIRSOC y normas de la AEA.

## **2.8. SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS LISTADOS DE VERIFICACIÓN (Check List)**

Reiteramos, tal como figura en 2.2. Contenidos Analizados, que el Reglamento ha encarado en primer término el análisis técnico de calderas piro tubulares de proceso, que son los utilizados en la amplia mayoría de las instalaciones industriales y de servicios.

Se ha dejado “a desarrollar” en una etapa posterior, el análisis técnico de las calderas de grandes potencias, normalmente acuo-tubulares de altas presiones, destinadas a la generación de energía eléctrica, o utilizadas en Refinerías o algunas petroquímicas de gran envergadura. Estos equipos están normalmente certificados por normas internacionales. Esta fracción del universo de equipos de generación de vapor, estimamos no supera un (tres) 3 % del total.

En Mendoza, no hay más de 20 instalaciones con Calderas de grandes potencias. Sin embargo, en piro tubulares de proceso industrial y de calefacción para servicios hay aproximadamente más de 2000 instalaciones.

Sólo en ámbito de la C.A.B.A., se habían identificado para el año 2000, aproximadamente 40.000 equipos piro tubulares de proceso y calefacción.

En este marco general, consideramos fundamental establecer pautas básicas de inspección y control dejando claros registros de los aspectos observados y controlados. Por esta razón trabajamos con Listados de Verificación (Check List) estandarizados. Temas que en general no están incluidos en las legislaciones conocidas.

Nuestra propuesta de Reglamento incluye Listados de Verificación y registros fotográficos de cada equipo inspeccionado, de modo de poder desarrollar un trabajo progresivo de análisis de cada uno de los factores bajo control. Incluimos en este trabajo un solo Check List dedicado a Acumuladores de aire comprimido, pero ofrecemos a los profesionales interesados el resto de los documentos para análisis y participación, a pedido por vía electrónica.

Debe entenderse claramente que el control y la habilitación periódica de las calderas y demás recipientes a Presión, es un proceso que debe registrar la conservación y trabajos de manutención realizados, por lo cual resulta indispensable la interacción con los profesionales responsables del mantenimiento industrial.

## **2.9. CONSIDERACIONES FINALES**

Siendo profesores del curso de Operadores de Calderas definido por la Res 2442 / 2002 STSS, comenzamos a trabajar en la idea de actualizar la normativa provincial. En el año 2007 presentamos formalmente nuestra propuesta.

En el año 2011 la Subsecretaría de Trabajo de Mendoza, tomó parcialmente los aspectos técnicos dedicados a Acumulares de Aire comprimido, incluidos en nuestro proyecto y de ahí surgió la Resolución 3520 / 11.

En el año 2014 el INTI puso en marcha un programa apuntando a los mismos objetivos, para desarrollar una normativa federal, con vigencia para todo nuestro país. Fuimos miembros fundadores de la JUNTA NACIONAL DE INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION. (Un equivalente nacional a la NBB&PVI americana).

A la fecha se han desarrollado ya 6 Reuniones generales en distintos puntos del país. Se fundó la Junta en Bs As, la 2da Reunión general en el INTI de Córdoba, la 3ra. se hizo en Rosario Santa Fe, la 4ta Reunión en Salta, La 5ta. Reunión se realizó en Mendoza y la 6ta reunión en este año 2018 en la provincia de San Juan.

## Listado de Verificación de Recipientes a Presión con Aire Comprimido

ANEXO I Res 3520/11 Planilla de Control Profesional Auditor						
Equipos a presión para Aire comprimido. Compresores					Fecha	17-jul-18
Empresa y Establecimiento:		<b>Razon Social S. R. L.</b>				
Establecimiento		<b>Domicilio habilitacion municipal</b>				
Marca:	<b>OKS</b>	Fabricante	<b>OKS Otto Klein GmbH</b>	P Trab. Bar	<b>11,00</b>	
Modelo:	<b>TCV</b>	N° Serie:	<b>611213</b>	Cabezales	<b>semi-elipticos</b>	
Diametro mm	<b>1254</b>	Longitud mm	<b>1810</b>	Volumen m3	<b>2,887</b>	<b>3000</b>
Observaciones: <b>Equipo en excelentes condiciones externas. De acero galvanizado</b>						
Item a Controlar y /o Verificar		<b>C (Cumple) - NA(No aplica) - NC(No Conformidad)</b> <b>OpM (Oportun. Mejora) - NObs (NoObservado) - NAN (No Analizado)</b>				
<b>1</b>	<b>TANQUE PULMÓN ACUMULADOR - (Recipiente a Presión)</b>			Posición	<b>Vertical</b>	
a	Manometro	Marca	<b>Wiatel</b>	C	Lectura visible y en funcionamiento	Rango <b>0</b>
b	Válvula/s de seguridad			C	Verificar funcionamiento / D351 Cap. 16 Art 141	
c	Purga de condensado			C	Controlar función automática o accionamiento manual diario	
d	Cabezales estándar			C	Tipo e integridad; sin golpes ni deformaciones	
e	Uniones soldadas.			C	Sin fisuras visibles. Control END TP si resulta necesario	
f	Reparaciones, parches o ponchos			NA	Toda reparación debe estar certificada	
g	Montaje correcto de recipiente			C	Patas con poncho sobre cilindro. Lugar adecuado SOBRE RUEDAS	
h	Boca de inspección			C	Sólo en recipientes con D > 800 mm	
<b>2</b>	<b>Compresor:</b>		Tipo	<b>KAESER SK22</b>	<b>SK 22</b>	Nm3/min <b>2,95</b>
a	Equipo Compresor			C	Limpio <i>si</i> pérdidas de aceite lubricante. Montado <i>si</i> Vibraciones	
b	Válvula de seguridad			C	En alta. Verificar funcionamiento / D351 Cap. 16 Art 141	
c	Equipos a tornillo independientes			C	Registro de mantenimiento y verificación de seguridades	
<b>3</b>	<b>Motor y transmisión:</b>			Modelo M	<b>sd</b>	rpm
	marca	<b>KAESER</b>		Pot M (Kw)	<b>15,0</b>	Consumo <b>sd</b>
a	Instalación eléctrica, conexiones y aislación			C	Cumple normativas ( Asoc. Electrotécnica Argentina)	
b	Ventilación de motor			C	Aletas disipadoras limpias, rodete sin roturas en álabes y con encausador	
c	Control del consumo del motor			C	Verificar corriente No medido controlar por Mantenimiento	
d	Montaje de motor			C	Fijado Seguro sin vibraciones	
e	Protección mecánica en transmisión			C	Cubriendo ambos lados	
f	Poleas y correas			C	Sanas y competas 1 SOLA CORREA	
<b>4</b>	<b>Instalación eléctrica y automatismos</b>			Presostato	<b>KAESER</b>	
a	Presóstato Limpio y en funcionamiento			en CT	Controlar la presión de arranque y corte / D351 Cap. 16 Art 141	
b	Ajuste rango de Presóstato			C	Visible, precintado con precinto numerado.	
c	Tablero eléctrico seccional - Control instalación			C	Protecc. acordes y escalonadas, D.D., PAT , Subpanel, Sección de conductor alimentación, Conductor <i>si</i> empalmes, Tomas <i>si</i> desc a tierra. Verif llegada PAT	
d	Cubierta protección de conexiones			C	Cerrada y completa. Inaccesible sin el uso de herramientas	
<b>5</b>	<b>Tratamiento del aire comprimido</b>					
a	Secadores			C	Funcionamiento e instalación verificada	
b	Filtros			C	Limpieza de Drenajes y recambios correctos.	
c	Calidad de aire requerida			C	Verificar especificaciones y controles. En caso de existir	
<b>6</b>	<b>Distribución a consumos</b>					
a	Configuración de la red de aire			<b>Cerrada</b>	<b>Abierta</b>	<b>Lineal</b>
b	Señalización y dispositivos			C	Cañerías identificadas de color azul y puntos de consumo seguros	
c	Presión en los puntos de consumo			C	Verificar pérdidas de carga.	
<b>7</b>	<b>Documentación</b>			Realizada en fecha		Próxima fecha de control
a	Certificación de Prueba hidráulica			C	P.H:	PH <i>si</i> 5 años:
b	Control de espesores END US. Cálculo y YUR			C	años VUR usig	<b>20</b> US <i>si</i> 1 años:
c	Control de elementos de seguridad operativa			C	C.S.O.:	Semestral:
d	Controles visuales y Planilla de Registro de Control			C	P.C.:	Anual:
e	Operadores calificados. Capacitación periódica			C	Dec. 351 Cap. 16 Art 138 - . Declaración de Conducta	
f	Registro de mantenimiento			C	Dec. 351 Cap. 16 Art 138 - En Libro registro Rec a P. o LHyS R4675	
g	Instrucciones de funcionamiento			C	Dec. 351 Cap. 16 Art 138 Procedimiento Operativo	
<b>Propietario y/o Responsable Jurídico del Establecimiento</b>				<b>Resp. Serv SHT del Establecimiento.</b>		<b>Resp. Técnico Empr. Servicios de Pruebas Resol.2442/02 Art.2.</b>



### **3. CONCLUSIONES.**

Nuestra participación ha sido ad-honorem, actuando en representación del Consejo Profesional de Ingenieros y G. de Mendoza. Hemos logrado el apoyo e interés de la Federación Argentina de Ingeniería Especialista (F.A.D.I.E.). En la última reunión general de la Junta Nacional INTI, actuamos formalmente en nombre de la F.A.D.I.E.

Las reuniones de la Junta han tenido en todos sus eventos la presencia de funcionarios de A.S.M.E. y N.B. de EEUU, muy interesados en que se apliquen en nuestro país sus metodologías de certificación y mecanismos de control. Aplicando “estampas” ASME a los equipos que se fabriquen y certificando la formación de Inspectores.

La capacitación de inspectores es un tema de gran interés para el INTI.

Los alcances de este trabajo no dan lugar a detallar dificultades asociadas a diferentes criterios o intereses, para poder desarrollar esta normativa. Sólo destacaremos que en nuestra participación procuramos con total convicción la defensa de los intereses y el respeto por los desempeños de los profesionales que tienen incumbencias en la materia, otorgadas por las universidades que los titularon.

Nuestra posición no sólo deriva de nuestras convicciones, sino que responde estrictamente al cumplimiento de la legislación vigente en todo el país, referida al correcto ejercicio profesional. Esto que parecería obvio, no es aun un tema consensuado. O sea, aun no logramos consensuar que debe actuarse a partir del cumplimiento de la ley vigente, para mejorar y dinamizar caminos de aporte a la eficiencia energética en todos los ámbitos industriales y de servicios.

Agradeceremos a todos los profesionales de Ingeniería interesados con o sin experiencia en la inspección de equipos e instalaciones de la termodinámica industrial, que se vinculen al comité de trabajo implementados, desde los Consejos o Colegios Profesionales de su jurisdicción o lugar de origen, desde las universidades y cátedras vinculadas. Esperamos poder servir de enlace y vinculación.

La eficiencia energética en nuestro país requiere no sólo de normativas guía, sino de la participación de los profesionales de ingeniería pertinentes. Alcanzar mejores desempeños en el uso, acumulación y preservación de la energía requiere de voluntades de ingenieros con la formación adecuada, las incumbencias específicas otorgadas por las universidades y la colaboración de todas las instituciones y organismos relacionados.

José H. Maurin – Cesar D. Corominas – Hector E. Roitman

### **AGRADECIMIENTOS**

Aprovechamos el espacio y oportunidad para agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza, y a los organizadores de este Congreso, en especial al Ing. Ind. Patricio González Viesca, por habernos permitido presentar este trabajo.

Agradecemos formalmente a la F.A.D.I.E. por confiarnos su formal representación para actuar ante el INTI, en nombre los 22 Consejo profesionales que se agrupan en dicha federación.

Agradecemos a nuestro Consejo Profesional de Ingenieros y Geólogos de Mendoza, por habernos apoyado desde el año 2004 cuando iniciamos la actuación como comisión ad-hoc de Seguridad e Higiene Laboral y Medio Ambiente.

Agradecemos también a la Subsecretaría de Trabajo y Empleo de la provincia de Mendoza, por aceptar nuestro asesoramiento y esperamos poder completar nuestro aporte profesional para garantizar mejores condiciones de control, condiciones seguras de trabajo, desempeño estandarizado y acceso a metodologías de Eficiencia Energética en todos los campos de aplicación. Así como también, ofrecer nuestro aporte para la conservación de los activos industriales y en la confiabilidad de los servicios y procesos productivos a la industria y a los productores de servicios.

## ¡REFERENCIAS

**Richard Trevithick** fue un inventor e ingeniero británico constructor de máquinas, que desarrolló en 1804 la primera locomotora de vapor capaz de funcionar.

# **Ingeniería Aplicada con Proyección Social: “Filtro Casero” contra el Arsénico para el Monte Santiagueño**

Martínez, John Henry ; Blasón, Guillermo;  
Zanoni, Héctor Raúl; Santa Cruz, Hernán

*FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA (UCC)- Avenida Armada  
Argentina 3555. X5016DHK Córdoba - Argentina. Tel: (54) 351 4938000 – ingsecre@uccor.edu.ar*

## **RESUMEN**

Luego de la optimización de un “filtro casero” para eliminar arsénico y flúor de agua de pozo para consumo humano [1], el cuál fue desarrollado por estudiantes de Ingeniería Industrial de la UCC, el grupo continuó trabajando con la implementación de un plan de Proyección Social (PS) del sistema en la zona. La tarea se llevó a cabo en caseríos aislados insertos en zona de monte, en la localidad de Boquerón (Santiago del Estero). En la región las napas de agua presentan altos contenidos de arsénico y flúor. Las personas de esta zona están expuestas al HACRE y la fluorosis ósea.

La PS se realizó con la participación de los estudiantes de Ingeniería Industrial, con el apoyo de la Secretaría de Proyección y Responsabilidad Social Universitaria (PS y RSU) de la UCC, acompañados por la parroquia Jesuita de Boquerón. La actividad se desarrolló a través de talleres en escuelas de la región con la participación de toda la comunidad. Los estudiantes se esforzaron por concientizar, transmitir y educar a la población afectada sobre los beneficios del uso del filtro, mostrando ventajas y dejando en claro lo importante de no afectar sus vidas cotidianas.

La tarea de implementación del sistema a la vida de los afectados es la más difícil del proyecto. A la vez el grupo se vio involucrado en un proyecto con fuerte impacto social. Motivándolo en la aplicación del conocimiento para un objetivo claro, que si bien no requiere tecnología de punta, necesita de los ingenieros para encontrar una solución a un problema real con los recursos disponibles.

**Palabras Claves:** agua para consumo, arsénico, flúor , HACRE, Proyección Social.

## **ABSTRACT**

After the successful experience of the homemade filter for arsenic and fluoride from groundwater for human consumption [1], which was fully developed by students of Industrial Engineering of the UCC, the group continued its project with the implementation of a Social Projection (PS) program in the area of interest. This task was developed in small villages that are isolated in the middle of the forest near to Boquerón (Santiago del Estero). In that region the aquifer possesses high concentration of arsenic and fluoride. People in that region are exposed to chronic arsenic poisoning and osseous fluorosis.

PS was carried on by the active participation of students of Industrial Engineering with the support of the Projection and Social Responsibility Department (PS and RSU) of the UCC. Moreover, the local Jesuit Parish accompanied the project. The main activities were workshops in primary schools of the region with participation of the community. UCC's students transmitted awareness and educated about the benefits of the use of the filter, showing the importance of take care of the own quotidian health. Also, the group left some prototypes of the filter for the use of people.

The most difficult task in the project is the implementation of this filter system by the local people. UCC students were involved in a project with high social impact, encouraging them in the use of their knowledge for a specific objective, which even without the use of the state of the art technology, it requires of engineers to bring a solution with the local resources. The project continues with a constant following up of the use of the filter in different homes to verify its correct working, durability and upgrade according to the use of people.

**Key Words:** drinking water, arsenic, fluorine, chronic arsenic poisoning, social projection.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Aquiles Gay, "El ingeniero es un hombre que partiendo de conocimientos, ideas, recursos, medios y material humano, construye objetos o productos tecnológicos, realiza proyectos técnicos o desarrolla procesos tecnológicos; su objetivo fundamental es, como planteo general, mejorar la calidad de vida del ser humano" [2]. De esta definición se desprende el concepto del rol social del ingeniero, pocas veces resaltado en las lecciones y pocas veces visualizado en la práctica. Conocer los métodos y buscar soluciones son las tareas clave del ingeniero, ubicado en un contexto que va más allá de lo tecnológico y los nuevos desarrollos, para ubicarse en un contexto social.

Este proyecto surge por trabajos previos realizados por alumnos del último año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Córdoba (UCC) [1,3]. Ellos lograron construir y testear eficazmente, con recursos mínimos, un "filtro casero" o doméstico para reducir el contenido de arsénico y flúor del agua para consumo humano.

Una vez desarrollada la solución como producto, el principal desafío de este proyecto es transmitir el uso del dispositivo a la gente de la zona afectada, sin modificar en mayor medida sus costumbres y tradiciones. Esto se ve acompañado necesariamente con la Proyección Social (PS) que es una función de transferencia de conocimientos que la UCC ha adoptado como parte constitutiva de su modelo de enseñanza-aprendizaje. En este marco, se propone que estudiantes y docentes se involucren y contribuyan al desarrollo humano integral de la comunidad en la que la universidad se encuentra inserta, a través de diversas actividades, proyectos y programas que implican la construcción conjunta de acciones para abordar estas complejas realidades sociales desde distintas incumbencias disciplinares.

### 1.1. Localización.

El estudio está vinculado con la localidad de San José del Boquerón, que se ubica en la región norte de la provincia de Santiago del Estero - Argentina, sobre la ruta provincial 2, en el margen izquierdo del Río Salado (Figura 1). El ejido municipal de Boquerón abarca un área aproximada de 60 por 60 kilómetros, con una población que se encuentra distribuida en 96 caseríos, siendo 30 los más importantes. Muchos de ellos están insertos en el monte, sin acceso a los servicios básicos de agua corriente, red eléctrica, etc. Estas comunidades recurren al agua de pozo para consumo, a pesar de que sus napas presentan altas concentraciones de arsénico y flúor. Debido a que la población en cuestión se caracteriza por sus bajos recursos económicos y además la zona es de difícil accesibilidad, los habitantes se ven obligados a consumir agua de las napas contaminadas sin posibilidad alguna de tratamiento previo de potabilización.



Figura 1 Distribución del contenido de arsénico de aguas subterráneas en Argentina. El círculo púrpura indica la zona donde se puntualiza el presente proyecto.

## **1.2. ANTECEDENTES: Desarrollo del Producto.**

### **1.2.1 “Filtro casero contra el arsénico”.**

Existen antecedentes de este tipo de filtros que son utilizados en países como la India (4) y otros en Latinoamérica (5), localizaciones en las que existe el mismo problema con el arsénico y se caracterizan por sus bajos recursos económicos. Precisamente para estas situaciones es donde la OMS aconseja aplicar métodos domésticos frente a la imposibilidad de soluciones centralizadas y definitivas para el suministro de agua de red potable [6].

Los trabajos previos de la UCC permitieron optimizar un filtro o dispositivo de tipo “casero”, ensamblado con materiales accesibles en la zona afectada (Figura 2 y 3), el mismo consta principalmente de:

- 4 tachos plásticos de 20 litros, 2 de ellos con tapa
- 1 kg de clavos, de tipo obra
- arena, de tipo gruesa
- carbón de hueso y leña (*ver siguiente apartado para preparación*)
- 2 paños de algodón de aproximadamente 20 cm

Las Figuras 2 y 3 resumen esquemáticamente como se logran ensamblar éstas piezas y qué pasos seguir para obtener un “filtro integral y casero” efectivo para el tratamiento de un agua surgente con excesos de arsénico y flúor. La alimentación se plantea aquí de forma intermitente o por *Bach* de 20 litros, sobre todo por la simpleza que brinda al sistema.

### **1.2.2 Carbón de hueso y leña.**

Se parte de un fuego de leña. Es común que los habitantes de la zona afectada mantengan en sus cocinas, ubicadas normalmente en el exterior de las viviendas, un fuego siempre encendido o “vivo”. El procedimiento para obtener el carbón es muy simple. Cuando se observa que el fuego de leña está bien encendido y se comienzan a generar brasas, se procede a colocar huesos de caprinos, porcinos o vacunos (normalmente sobras de alimentos previamente procesados, o consumidos) donde se vea la llama más intensa. La temperatura alcanzada será de 400 °C aproximadamente, la cual fue controlada por con un termómetro infrarrojo. Luego de 15 minutos aproximadamente los huesos (los más gruesos pueden llevar más tiempo) se pondrán de un color negro/rojizo formando el carbón para ser aplicado en el filtro. Este carbón estará compuesto por una mezcla de huesos y madera, ambos completamente calcinados. Previo a su uso es aconsejable enjuagarlo con abundante agua para la eliminación de la carbonilla más fina que podría obstruir los orificios del filtro. Éste carbón servirá para eliminar los flúor y los sabores desagradables del agua. Es notable la mayor porosidad que se observa a simple vista en el carbón de hueso frente al carbón de leña.

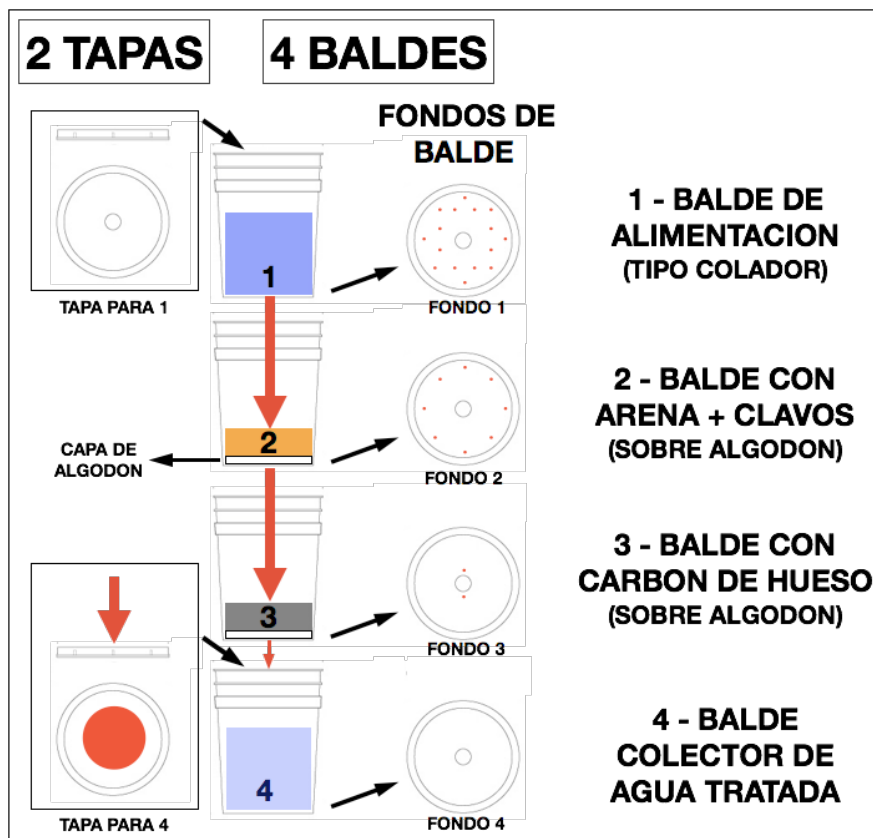


Figura 2 Reingeniería del dispositivo filtrante para la remoción de arsénico y flúor. Las flechas rojas indican como se deben introducir o apoyar los tachos, unos dentro de otros (1 en 2 y 2 en 3) o uno sobre otro (3 sobre 4); los círculos pequeños rojos indican dónde se deben realizar los orificios con un clavo caliente y el círculo rojo grande representa el hueco de 10 cm que se debe hacer en una de las tapas (ver Figura 3).

### 1.2.3 Resultados.

Las muestras de agua se recolectaron directamente en la zona afectada descrita en la sección de localización. El pozo tiene 220 m de profundidad, con un contenido inicial de arsénico y flúor mostrados en la Tabla 1. De la muestra anterior se tomaron alícuotas de 20 litros y se procedió a su filtración con el equipo desarrollado, analizando en estos casos solamente arsénico, flúor y hierro. Las filtraciones fueron realizadas bajo condiciones ambientales de presión y temperatura. Cabe aclarar que el desarrollo se dirige para la aplicación del dispositivo por un habitante natural de la zona afectada, por lo que las condiciones de ensamblado y filtración deben ser lo más simple posible. Los elementos filtrantes no fueron reemplazados en ningún momento durante los ciclos analizados. Tanto la arena, los clavos y el carbón fueron lavados con abundante agua en sus respectivos contenedores (balde de 20 litros agujereados) previa filtración. Es importante que el elemento filtrante (complejo formado por los clavos y la arena, Figura 4) quede sumergido en agua durante la vida útil del mismo, para evitar su excesiva oxidación de los clavos. Los pasos para el ensamblado del filtro se muestran en la Figura 3.

Tabla 1 Resultados de las filtraciones con el nuevo filtro para eliminar arsénico y flúor.

Referencias		Arena + Clavos + Carbón		
		As <sup>3+/5+</sup> (mg/l)	F <sup>1-</sup> (mg/l)	Fe <sup>3+</sup> (mg/l)
A0	Muestra del surgente	0,25	3,1	-
A1	1 <sup>er</sup> ciclo de 20 litros	0,05	0,98	0,6
A2	2 <sup>do</sup> ciclo de 20 litros	0,05	0,93	-
A3	3 <sup>er</sup> ciclo de 20 litros	0,025	0,75	0,3
A4	4 <sup>to</sup> ciclo de 20 litros	0,025	0,73	-
A5	5 <sup>to</sup> ciclo de 20 litros	0,025	0,90	0,4
A6	6 <sup>to</sup> ciclo de 20 litros	0,05	0,90	0,3
A7	7 <sup>to</sup> ciclo de 20 litros	0,05	0,85	0,3

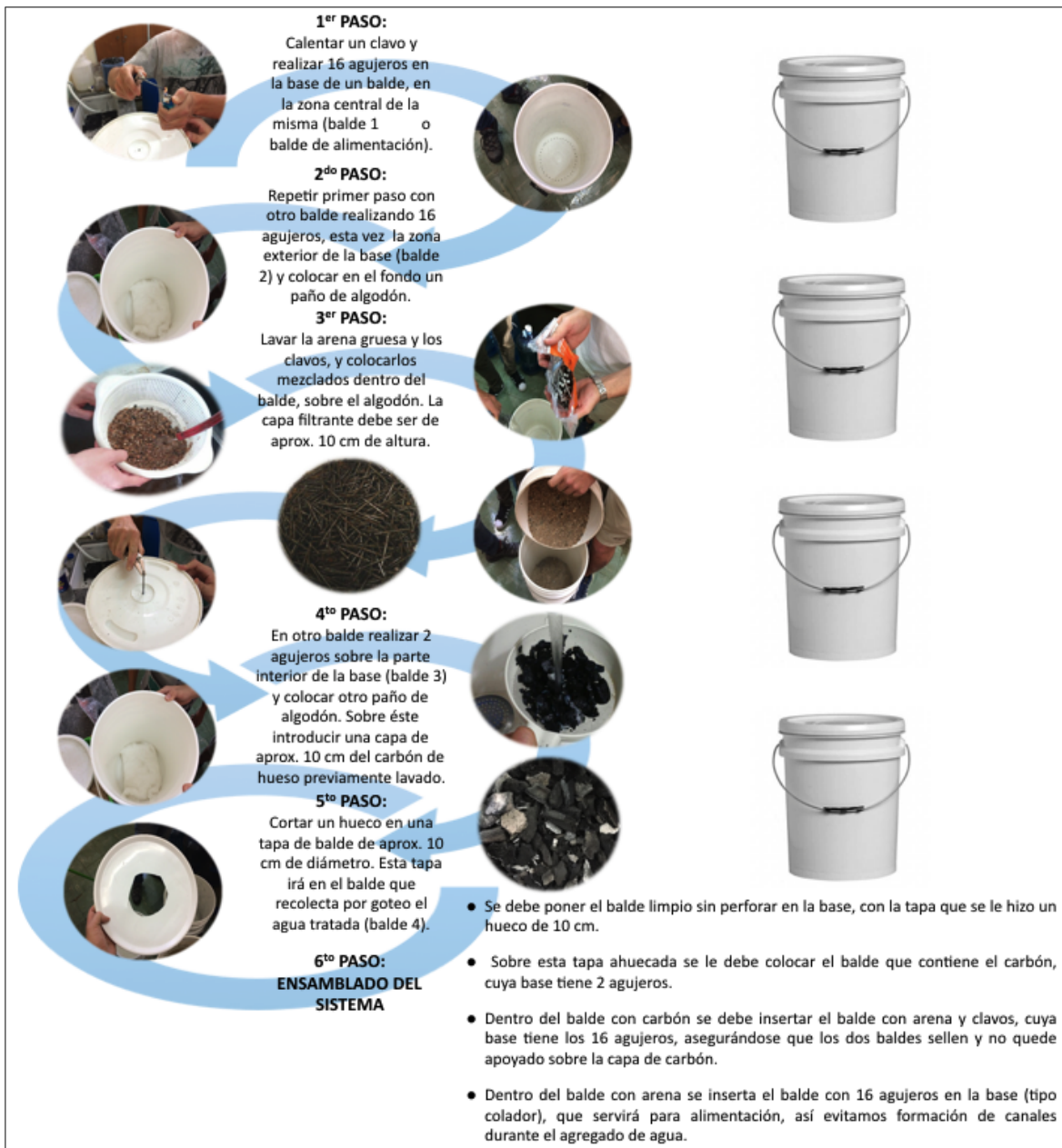


Figura 3 Pasos a seguir para el armado del filtro para la eliminación de arsénico y flúor del agua para consumo humano.



Figura 4 Complejo adsorbente formado entre la arena y los clavos, responsable de la eliminación efectiva del arsénico del agua surgente de la zona de San José de Boquerón.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las filtraciones realizadas con el dispositivo. El nuevo filtro se ensayó hasta el 7<sup>mo</sup> ciclo de 20 litros de agua (Total 140 litros) eliminando exitosamente el

arsénico. Es evidente el abatimiento del contenido de  $\text{As}^{3+/5+}$  bajo los valores esperados (CAA < 0,05 mg/l; OMS < 0,01 mg/l) [6-7]. El carbón de hueso también fue efectivo eliminando  $\text{F}^{1-}$  a valores por debajo de 1 mg/l (OMS < 1,5 mg/l) [8], teniendo en cuenta la mayor ingesta de agua a las altas temperaturas de la zona afectada, sobre todo en verano. En lo que respecta al  $\text{Fe}^{3+}$ , el mismo se encuentra por debajo de lo que recomienda la OMS (hasta 2 mg/l teniendo en cuenta el 10% de la máxima ingesta diaria; si bien CAA toma un valor < 0,3 mg/l por cuestiones organolépticas y por manchar la ropa lavada y los accesorios de fontanería) [9].

### **1.3. Observaciones de campo previas.**

Debemos mencionar la existencia en la zona de otros emprendimientos para la disposición de agua segura, como la construcción de cisternas y aljibes para almacenar agua de lluvia. Este método es bastante efectivo, pero muy dependiente de la cantidad de precipitaciones que se produzcan a lo largo del año. Pudimos constatar en campo la falta de cuidado de estas cisternas (mantenimiento y limpieza) y los sistemas de recolección (canaletas y techos) necesarios para su llenado. Es evidente que el agua allí almacenada no es suficiente para el consumo normal de un hogar promedio, y mucho menos por ejemplo para una escuela. Así, toma mayor relevancia la necesidad de proveer a estos caseríos aislados en el monte de un sistema más práctico que les permita disponer de agua segura independiente de las condiciones climáticas.

Por otra parte, es evidente la necesidad de una intervención directa para la implementación del sistema y la educación de la población con respecto a la importancia del consumo de agua segura, ya sea a través de la aplicación del filtro aquí desarrollado para el tratamiento del agua de pozo, o las buenas prácticas de uso de cisternas para recolectar agua de lluvia.

## **2. RESULTADOS: ETAPA DE PROYECCIÓN SOCIAL**

### **2.1. Escenario de trabajo.**

Normalmente, la universidad forma profesionales para generar u optimizar determinados productos. En las primeras etapas de este proyecto se pudo observar que el producto en sí no resolvía estrictamente el problema, sino que era necesario un acompañamiento. Es decir, se constató la necesidad de una dinámica especial de acuerdo al marco social donde se incorporaría el producto en cuestión, que tiene que ver con el uso del mismo en la vida cotidiana de los afectados.

El consumo de agua es una hábito que no se cambia de una día para el otro. Más aún, la característica de este caso particular es que el agua de pozo aparenta ser de excelente calidad al salir de la surgente, sin evidenciar la presencia de sustancias tóxicas. Especialmente el arsénico, que es muy perjudicial para la salud en insignificantes proporciones, y no produce una consecuencia inmediata por la ingesta de agua. Además, sólo con el sentido común de los individuos difícilmente sea atribuible una enfermedad crónica como el HACRE [10], a un hábito tan normal como es el consumo diario de agua. De la misma forma que el arsénico, el flúor se acumula crónicamente generando desde fluorosis dental, hasta la fluorosis ósea incapacitante [11].

Desde el razonamiento anterior, el trabajo se planteó indiscutiblemente en conjunto con un programa de Proyección Social (PS) y Responsabilidad Social Universitaria (RSU). Es decir, una vez concluida la etapa de desarrollo de producto, se aplica una estrategia para insertarlo en la zona y la vida misma de las personas afectadas.

Es así, que el grupo de investigación se articuló con un programa de PS y RSU de esta misma Universidad. Este programa tiene como objetivo que los estudiantes lleven el nuevo filtro a la zona, transmitan y promuevan su uso.

Por otro lado, se sumó al proyecto la idea de transmitir la necesidad del buen uso y cuidado de sus aljibes y/o cisternas, y sus respectivos sistemas de canaletas colocados en los techos de sus viviendas para la recolección de agua de lluvia. Considerando el agua de las precipitaciones como fuente primaria de agua segura.

### **2.2. Estrategia de transferencia.**

El objetivo general del proyecto es mejorar las condiciones de acceso al agua potable y difundir la importancia de consumir agua sin arsénico, ni flúor, para la población de Boquerón y sus alrededores. Lo anterior se acompaña con una solución en forma de "filtro casero" simple y económico, para que todos puedan implementarlo en sus hogares.

Para lograr el objetivo se plantearon como metas de PS:



- Una campaña de concientización: para disminuir los efectos adversos que tiene sobre la población la problemática que origina el agua que se consume. Para concretarlo se propone que los estudiantes brinden charlas y talleres en las escuelas, invitando a toda la comunidad a participar, para explicar la importancia de tomar agua sin contaminantes, promover el uso del filtro, enseñar como armarlo y mantenerlo en condiciones, etc. Así mismo, dejar pósters informativos en escuelas y salitas sanitarias, etc., para que puedan consultarlo luego de las visitas.

- Seguimiento de aplicación y funcionamiento: Que el dispositivo desarrollado sea armado e instalado por los mismos lugareños o por los organismos pertinentes en las viviendas de Piruj Bajo, donde se utiliza agua de pozo contaminada.

En los siguientes viajes comprobar el correcto funcionamiento de los filtros instalados y continuar con la concientización y fomento de los beneficios del uso del filtro y la necesidad de alimentarse con agua sin arsénico, ni flúor.

- Académica: Estrategias de solución de problemas, fortaleciendo en los alumnos el pensamiento y el ingenio para resolver situaciones reales y concretas investigando y proponiendo soluciones a adversidades que se presenten en el avance del trabajo. Capacidad de transmitir sus desarrollos al idioma adecuado según el público receptor. Que sean capaces de presentar un informe integrador del desarrollo y su proyección.

### 2.3. Experiencia de campo.

El primer viaje con el grupo de trabajo de PS y RSU se concretó la última semana de mayo de 2018, en el cuál participaron 3 docentes y 9 estudiantes.

A continuación se presenta una síntesis en imágenes (Figuras 5 a 13) del cronograma de un día tipo de trabajo:

- 8 am: Llegada a Piruj Bajo.

- 9 am: Recorrido por la capilla y el surgente de donde se extrae el agua (Figura 5 y Figura 6).

- 10 am: Visita a la casa de los pobladores más antiguos del lugar. Se inspeccionan las nuevas cisternas construidas (Figura 7) en sus casas y los viejos aljibes (Figura 8); se pregunta a los anfitriones sus hábitos de consumo de agua.

- 11 am: Primera charla-taller en la escuela de la zona (Figura 9 y Figura 10).

- 12:30 am: Recorrido por las casas de los habitantes de Piruj Bajo en grupos de a dos estudiantes. Se comparte con ellos algunas vivencias y se relevan datos de sus instalaciones y hábitos a la hora del consumo de agua (Figura 11).

- 1 pm: Reconocimiento de la planta de ósmosis inversa instalada en la escuela (en desuso, por falta de insumos, escaso combustible para el generador, diferentes roturas, etc.); Se llenan bidones de 200 litros de agua cruda del pozo de la escuela para futuros análisis en laboratorios de la UCC (Figura 12).

- 2 pm: Almuerzo (Figura 13).

- 3:30 pm: Divididos en grupos, visitas a las comunidades de El Aibal y Huachana.

- 7 pm: Regreso a la parroquia de San José del Boquerón, donde se encuentra el hospedaje.

- 9 pm: Visita a la radio de la parroquia. Este medio es la única forma de tener contacto directo con la gente de monte adentro, por lo que normalmente se agradece a los anfitriones del día y se informa donde se realizarán las visitas y talleres al día siguiente.

- 10 pm: Cena.

### 2.4. Testimonios de los estudiantes.

**Nicolás Sánchez Acosta:** *“En la carrera vemos conceptos y desarrollos tecnológicos que a veces son lejanos a una aplicación sencilla y con fines sociales. Esta experiencia no sólo nos mostró otra cara de la sociedad si no que también pudimos hacer uso de nuestros conocimientos como futuros ingenieros en la aplicación de medidas sencillas y adaptables a una realidad económica diferente al estándar de la industria.”*

*“Conocí personas que entendían sobre la problemática que involucra el agua que toman a diario pero que no tenían la costumbre ni el hábito de aplicar las medidas de cuidado del aljibe o el uso del filtro correctamente. Ví como los animales que a mi parecer eran cachorros tenían ya varios años y eso me demostró otro de los efectos que el agua contaminada tiene en los poblados locales.”*

*“Las condiciones económicas no eran buenas, la forma de vida era muy diferente a lo que una persona de ciudad puede decir que son normales. Pero aún así ví mucha gente buena, dispuesta a recibirnos con mates y tortillas. Tenían ganas de escucharnos y mostraban mucho interés en aprender sobre lo que teníamos para contarles.”*

**Sebastián García:** *“Con respecto al viaje, como todos, me parece que nos empapamos de una realidad distinta a la que vivimos diariamente en nuestra ciudad, salimos de nuestra burbuja para*

adentrarnos en necesidades y urgencias que tiene la gente visitada en San José del Boquerón y tratar de buscar una solución simple al problema mayor que ellos tienen en su lugar de vivienda como lo es el gran inconveniente del agua que ellos beben que en su mayoría es agua con elevado índice de arsénico. Como todos, destaco la simpleza de la gente de la zona y su humildad a la hora de recibirnos en sus casas o en la escuela por ejemplo; y también la presencia de miembros de una ONG plurales para sumar desde donde sea necesario a este proyecto para mejorar la calidad de vida de la gente de nuestro país.”

“Creo que nuestro mayor desafío es el cultural, más allá del mejoramiento excepcional que le podamos sumar al filtro de agua, si la gente no quiere usarlo no lo va a hacer, es por ello que además de centrarnos en la parte técnica de este proyecto, es sumamente necesaria e importante la parte psicológica y didáctica para poder llegar con nuestro mensaje y convencer a la gente de que aunque sea empezando por una cuestión mínima, ellos van a poder acceder a un mejor estilo de vida.”

**Rodrigo Mincoff:** “Creo que fue un viaje que superó mis expectativas al 100%, donde conocí una realidad muy distinta a la nuestra de la cómoda ciudad de Córdoba. Es difícil imaginarse que en el siglo XXI pueda haber gente que vive en tal situación, y que lo hace con una sonrisa marcada en su cara todos los días de su vida.”

“Nos han recibido con los brazos más que abiertos y nos invitaron en el corazón de su realidad y sus viviendas. Particularmente pude conocer 6 casas y charlar con quienes vivían allí. De estos 6, 4 tenían colocado los medios para tomar agua de lluvia y afirmaban hacerlo, solo 2 confesaron tomar agua del surgente, de los cuales a uno no lo interesaba dejar de hacerlo y la última prefería tomar agua de lluvia, pero no tenía quien le instale las canaletas, por lo que pretende que lo haga alguien externo o su situación no cambiará. La mayoría se veía preocupado y consciente de la situación del agua y lo que ello provoca, y todos estaban muy agradecidos de con nuestra visita y ayuda.”

“Es muy difícil poner en palabra los sentimientos cruzados que ha generado este hermoso viaje y proyecto, solo puedo clamar que estaré presente para seguir aportando mi granito de arena.”

**Eduardo Bizzotto:** “A partir de la visita a San José del Boquerón y pueblos aledaños me di cuenta de la realidad en la que la gente del interior vive, sus necesidades y sus aspiraciones tan simples como la de poder tener agua potable.”

**Alfredo Castillo:** “Este viaje ha sido de grande aprendizaje hacia mi persona, por empezar por el vivir una realidad diferente a la que estoy acostumbrado a vivir, ver como personas viven en otras condiciones te hace reflexionar y pensar desde otra perspectiva.”

**Matías Alonso:** “A partir de la visita a San José del Boquerón y pueblos aledaños pude llegar a distintas conclusiones personales acerca de la gente que allí vive, y la forma en que lo hace. Lo principal que rescato es que a pesar de no tener tantas posibilidades de acceso a la información, educación académica y bienes materiales, no se privan de desarrollar su vida felizmente y con mucho respeto tanto hacia personas de su comunidad como para extraños como nosotros.”

“Creo que el proyecto del filtro de arsénico es una buena posibilidad para ayudar a mejorar las condiciones del agua y por tanto la calidad de vida de los que la consumen. Sin embargo, representa una solución provisoria para una problemática delicada y el verdadero responsable de tomar medidas correctivas de fondo es el Estado. Este debe garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los ciudadanos que habitan en estas localidades, y muchas otras localidades del país que parecen haber sido olvidadas y en algunos casos hasta ocultadas.”

**Juan Manuel Calvi:** “Fue muy emocionante ver cómo estas personas que conocimos valoran lo que tienen (que no es mucho), algo que nosotros no haríamos en ese nivel. Quiero decir que no solo fue un viaje por cuestiones técnicas como nosotros pensábamos, sino que la parte social fue la que se llevó todas las miradas, la solidaridad y respeto, y muchos otros valores que pudimos compartir con las personas que nos recibieron en nuestros distintos destinos de visita. Fue un viaje donde primó el compañerismo entre nosotros, los alumnos, y los profesores que nos acompañaron.”...“una muy buena manera de sumar nuestro granito de arena para con estas comunidades, pienso y creo que es algo que si lo toman con la importancia que se merece pueden lograr muy buenos resultados (algunos ya a la vista), que según pudimos observar se ve un grupo de personas muy entusiasmadas y estos gestos son los que suman y lo que hace que crezcan nuestras ganas de volver a encontrarnos.”







Figura 13 Estudiantes de la UCC realizando la Proyección Social de su trabajo en la escuela de Piruj Bajo, Santiago del Estero, Argentina.

**María Florencia Pons:** *“Particularmente, conocer el modo de vida de las personas de las distintas comunidades fue una de las cosas más interesantes. Además, el viaje en conjunto con el trabajo de investigación, nos permitió y permite a nosotros, futuros ingenieros, encontrar un lugar donde volcar nuestros conocimientos a la práctica y, brindar información y soluciones a gente que realmente lo necesita.”*

*“En la recorrida por las distintas casas en Piruj Bajo notamos un cambio claro respecto al consumo de agua con arsénico. La mayoría de las personas prefería consumir agua de lluvia. Las viviendas contaba con sistemas de canaletas colectoras de agua de lluvia y sus respectivas cisternas. Sólo dos residentes no contaban con el sistema; uno por desinterés y una mujer mayor por falta de algunos materiales y colaboración para su instalación.”*

**Agustina Rodríguez Tartac:** *“... fue una experiencia que nos ha llenado no solo en lo académico sino también en lo personal, lo social. Realizar un viaje de estas características es sumamente enriquecedor a la hora de ver plasmado el aporte que estamos queriendo hacer como futuros ingenieros industriales. Yo creo que ninguno de nosotros esperaba encontrarse con la realidad que vivimos y mucho menos los resultados que obtuvimos.”*

*“Concluyendo sostengo que fue una experiencia que definitivamente quiero volver a repetir porque siento que todavía hay mucho por hacer y por aprender.”*

## 2.5. Balance de participación de estudiantes.

Durante los años en los que se ha desarrollado este proyecto han participado diferentes estudiantes que han tenido una experiencia humano-científico-tecnológica como lo han expresado anteriormente los estudiantes en los testimonios.

En todos los casos, ellos han comenzado con un interés por desarrollar una solución para el arsénico con impacto social. Sin embargo, finalmente se sienten impactados al viajar a Boquerón. Esto está de acuerdo con lo que la UCC considera como valioso de la PS y RSU, es decir que la realidad también enseña. La realidad ayuda a tener una perspectiva nueva de un producto que se está desarrollando, también a ver cómo los usuarios viven y los recursos que tienen a mano para obtener la materia prima, etc. Los profesores siempre hemos visto cómo los estudiantes adquieren una visión mucho más realista del proyecto después del viaje, de ahí que tener una experiencia de campo al menos una vez es parte de la participación en el proyecto.

A esto se suma que a muchos de los viajes los realizamos con estudiantes de otras disciplinas que pertenecen a otros proyectos de RSU. Este intercambio humano en campo potencia las perspectivas desde donde cada proyecto encara su problemática.

En cuanto al balance participativo en el proyecto, han sido 27 estudiantes en total los que han participado en el proyecto del filtro en sus distintas etapas. Ellos pueden agruparse en 4 generaciones teniendo en cuenta el desarrollo concreto del filtro o la focalización en una problemática particular. La primera generación es la que dio inicio al proyecto en el 2012 e hizo los primeros viajes y relevamiento de pozos. La segunda elaboró un modelo de filtro con una capacidad de filtrado mayor, y académicamente integró el proyecto como trabajo final de la carrera. La tercera generación incorporó el tema de la calidad del agua además del filtrado de

arsénico buscando mejorar el gusto de la misma. La cuarta generación, la actual, desarrolla este modelo de filtro con los baldes. Todas las generaciones han incluido viajes al lugar y un contacto con la población en cuanto a la formación sobre lo que implica el arsénico en la salud, y cómo el filtro puede establecerse como una solución.

### 3. CONCLUSIONES

La reducción del contenido de arsénico usando clavos y arena como dispositivo filtrante es apreciable, llegando a valores del mismo por debajo a lo establecido por las reglamentaciones vigentes de agua para consumo humano. La eliminación adicional de flúor a niveles aconsejados por la OMS, por medio de carbón de hueso y leña, demuestran una extraordinaria mejoría del sistema. Más aún, el carbón permite mejorar organolépticamente en producto final. La robustez estructural que brindan los baldes de plástico de 20 litros de tipo pintura aumentan la vida útil del filtro y mejora la manipulación de los elementos por parte de los afectados. Es de destacar la simpleza y economía del sistema desarrollado. Se cree que la utilidad del filtro puede extenderse a más de un mes, sin mantenimiento, para lo cual se continúa actualmente con la investigación en campo.

El acompañamiento del producto desarrollado con un Proyecto de Proyección Social de la UCC para su implementación en la zona ha permitido ampliar la formación de Ingenieros Industriales con herramientas extraordinarias para su futura profesión. Lo anterior se da sobre todo por el significado que tiene hacer un desarrollo con aplicación directa, aunque no sea la última tecnología, teniendo en cuenta sólo los recursos disponibles y la incorporación del mismo en el ámbito socio-cultural objetivo. También importa aquí el idioma y la forma de transferencia, teniendo en cuenta el público receptor. Por otro lado, la experiencia humana en campo ayuda a confrontar una realidad distinta, que manifiesta una formación integral del ingeniero como persona dentro de una sociedad, y con las herramientas y la capacidad de resolver cualquier problemática tecnológica-social.

### 4. REFERENCIAS

- [1] Martínez, J. Henry; Santa Cruz, Hernán; Zanoni, Héctor R. (2017). "Una solución "integral y casera" para la reducción de contaminantes ( $As^{+3,+5}$  y  $F^{-1}$ ) en agua". 2 y 3 de noviembre de 2017, X Congreso de Ingeniería Industrial y carreras afines (COINI 2017 FI UBA). Facultad de Ingeniería, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.
- [2] Gay, Aquiles (2014). *Introducción a la ingeniería : la tecnología, el ingeniero y la cultura*. ISBN: 9789875915398. Editorial Las Brujas. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Kozameh, Guillermo; Guanca, Pablo E.; Ruiz, Francisco; Acuña, Rosario; Yapur, Nicolás; Montalván, Melisa; Sarmiento, Exequiel; Soler, Francisco; Casetta, Mariano; Santa Cruz, Hernán; Zanoni, Héctor Raúl (2016). "Optimización de "filtro casero" para la reducción de contaminantes ( $As^{+3,+5}$  y  $F^{-1}$ ) en agua para consumo humano". 9, 10 y 11 de Noviembre de 2016 – "VI Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua". Universidad Blas Pascal, Córdoba, Argentina.
- [4] Ngai, T.; Dangol, B.; Murcott, S.; Shrestha, R. R. (2005). *Kanchan Arsenic Filter*. Massachusetts Institute of Technology (MIT) and Environment and Public Health Organization (ENPHO). Kathmandu, Nepal.
- [5] Litter, Marta I.; Sancha, Ana María; Ingallinella, Ana María (2010). *IBEROARSEN- Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas*. Editado por CYTED. Argentina.
- [6] OMS, Organización Mundial de la Salud (fecha de acceso 08/08/2018). *Arsénico*. <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
- [7] CAA - Código Alimentario Argentino (fecha de acceso 08/08/2018). *Capítulo XII - Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Agua Potable Art. 982*. [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO\\_XII.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_XII.pdf)
- [8] OPS OMS – Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud (fecha de acceso 08/08/2018). *Flúor en el agua de consumo*. [www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8193%3A2013-fluor-agua-consumo&catid=4716%3Ageneral&Itemid=39798&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8193%3A2013-fluor-agua-consumo&catid=4716%3Ageneral&Itemid=39798&lang=es).
- [9] OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable (versión electrónica para la web: 08/08/2018). *Primera apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Recomendaciones*.
- [10] Villaamil Lepori, E. (2015). "Hidroarsenicismo crónico regional endémico en Argentina". *Acta bioquím. clin. latinoam. vol. 49, no. 1*.

- [11] Sicka, R. M.; Agulló, N. S.; Herrera Aguad, C. E.; Giménez, M. C. (2002). "Evaluación de las concentraciones de fluoruro y arsénico en las aguas subterráneas del domo central de la provincia de Chaco". Fac. de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste, Chaco.

# ANALISIS DE PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO METODOLOGÍA DE MAPEO DE PROCESOS DE CADENAS DE VALOR VERSUS SIMULACION DISCRETA

Caminos, Andrés (\*), Romera, Nahuel <sup>(1)</sup>, Forchino, María Verónica

*(\*) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz  
Inmigrantes 555. Santa Cruz. Rio Gallegos, Argentina  
andres.caminos@gmail.com*

*(1) Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.  
Lavalle 1854. CABA, Argentina*

## RESUMEN.

En este trabajo se busca aplicar los conocimientos de Manufactura Flexible (Lean Manufacturing), y Mapeo de Procesos de Valor (VSM o Value Stream Map), con herramientas de simulación probabilística discreta para analizar procesos industriales o procesos de servicios compuestos de varias etapas, donde cada una de las cuales consume tiempo, materiales, recursos humanos y se genera información para analizar su desempeño. Ayudándonos en estas metodologías y los conceptos de Teoría de las Restricciones podremos identificar tanto cuellos de botellas en el proceso como aquellas etapas que no agregan valor al producto, al cliente o la empresa y que podrían ser cambiados, mejorados o eliminados. Estos cambios a implementar surgirán luego de haber analizado mediante simulación varias configuraciones y de cada una de ellas se evaluarán las ventajas de su implementación a través de propuestas de mejoras. Como resultado del trabajo se podrá contar con una herramienta para analizar distintos tipos de procesos y podrá formar parte de las herramientas que necesita conocer un ingeniero industrial o profesionales de calidad que trabajan en estas áreas.

**Palabras Clave:** VSM, Simulación, Proceso, Lean, Costos, Simul8

## ABSTRACT.

This paper seeks to apply the knowledge of Flexible Manufacturing (Lean Manufacturing), and Mapping of Value Processes (VSM or Value Stream Map), with discrete probabilistic simulation tools to analyze industrial processes or service processes composed of several stages, where each of which consumes time, materials, human resources and generates information to analyze its performance. By helping us in these methodologies and the concepts of Constrains Theory, we can identify bottle necks in the process as well as those stages that do not add value to the product, the client or the company and that could be changed, improved or eliminated. These changes to be implemented will arise after having analyzed several configurations by simulation and each one of them will evaluate the advantages of its implementation through improvement proposals. As a result of the work you can have a tool to analyze different types of processes and can be part of the tools you need to know an industrial engineer or quality professionals working in these areas.

**Keywords:** VSM, Simulation, Process, Lean, Cost, Simul8

## 1. INTRODUCCIÓN AL VALUE STREAM MAPPING

Un Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Map o VSM en inglés) es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual y futuro de un proceso.

VSM es la base para el análisis de valor que se aporta al producto o servicio, y es la fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar donde se encuentra el valor y donde el desperdicio en la cadena de producción de un bien o servicio

El principal objetivo por el que se desarrollan los mapas de flujos de valor consiste en que estos nos permiten identificar ampliamente las actividades que no agregan valor al proceso, del mismo modo permiten conocer el tiempo asociado a dichas actividades.

En la práctica, el mapeo de flujos de valor se ha convertido en una actividad esencial ante la formulación de planes de mejora, de tal manera que forma parte del diagnóstico del proceso (VSM actual) y de la proposición de estrategias de mejoramiento (VSM futuro).

Al realizar un mapa del flujo de valor debemos responder una serie de cuestiones críticas relacionadas con las operaciones (la lista no es excluyente):

1. ¿Cuál es la capacidad del sistema de producción?
2. ¿Cuáles son los cuellos de botella del proceso?
3. ¿Cuál es la tasa o frecuencia de compra del cliente?
4. ¿Cuál es la capacidad disponible, y cuál su utilización?
5. ¿Cuáles son las restricciones del proceso?
6. ¿Estas restricciones son internas o externas?
7. ¿Cómo podemos mejorar el proceso para cumplir con los objetivos del negocio?

También el Mapa del Flujo o Cadena de Valor es una herramienta utilizada en “**Lean Manufacturing**” (Manufactura Flexible) para analizar los flujos de materiales e información que se requieren para poner a disposición del cliente un producto o servicio. Esta herramienta antiguamente se conocía con el nombre de **mapa del flujo de materiales e información**.

## 2. Objetivos del VSM

Como con cualquier otro conjunto de herramientas de gestión Lean el objetivo principal de Value Stream Mapping es mejorar la cadena de valor, esto se consigue al resaltar los flujos ineficientes dentro de la cadena de valor y, por lo tanto, permite a la dirección de la empresa evitar estas ineficiencias y alcanzar un mayor valor añadido a la misma. Value Stream Mapping se centra en tres áreas principales: a) añadir valor, b) agregar valor (pero no es necesario) y c) identificar y corregir todos aquellos procesos ineficientes.

## 3. Historia / Orígenes del Value Stream Mapping

El Value Stream Mapping tiene sus inicios en la empresa Toyota, donde la herramienta fue desarrollada en la División de Consultoría en Administración de Operaciones (OMCD, por sus siglas en inglés), para su uso selectivo con proveedores, donde el tema principal eran los flujos de materiales e información de éstos. En 1945 Toyota comenzó la implementación de Lean Manufacturing reduciendo los tiempos de alistamiento y cambios de herramientas, mostrando excelentes resultados [9].

Luego, Jim Womack y Dan Jones en 1996, introdujeron el concepto de “Value Stream” y en el libro **Lean Thinking** [18] hablaron sobre la forma de realizarlo. Mientras el libro tenía un ejemplo y descripciones, el proceso aún no había sido establecido. En ese entonces, Mike Rother [15] había comenzado a interesarse en el mapa de flujo de materiales e información de Toyota, por lo cual conoció a Womack y Jones. Rother junto con Shook, publicaron el libro **Learning to See** en 1998, donde Womack y Jones dieron a conocer el término “**Value Stream**” y “**Value Stream Mapping**” o “**Mapeo de Procesos de Valor**” [15]. Estos fueron los primeros intentos de industrializar el VSM.

La razón por la que hay pocas referencias sobre esta herramienta en Toyota es porque éstos nunca la enseñaron completamente, y todavía es usada por un selecto grupo de expertos, en su mayoría del OMCD.



Rother y Shook nunca pretendieron hacer del VSM una herramienta estándar que se debía implementar en la manufactura esbelta, sino que documentaron las discusiones sobre el tema que se tuvieron con otros participantes, con el propósito de dejarla abierta a modificaciones o adaptaciones.

En 2002, Hajime Ohba [1], líder del TPSSC (Toyota Production System Support Center) expresó a manera de recomendación el no uso del VSM como un punto de partida, o sea, que se debería comenzar a nivel micro, con máquinas, estaciones de trabajo, herramientas, entre otros; no a nivel macro, como son líneas, departamentos, proveedores, consumidores, etc. La razón para que Ohba recomiende lo anterior es porque consideraba que primero se debe desarrollar ciertas capacidades antes de resolver los problemas a nivel macro, nivel al que pertenece el VSM.

Actualmente la filosofía Lean ha adquirido mayor valor e importancia, y se ha convertido en la herramienta más útil para generar ventaja competitiva en las organizaciones, y para muchas de ellas el medio de supervivencia dentro del mercado. Esto no solo para fabricantes sino también para mayoristas y minoristas [16].

#### 4. Metodología del VSM

Lean Manufacturing se basa en la premisa de que solamente aquellas tareas que agregan valor deben ser efectuadas. El mapa de flujo de valor es una herramienta lean que les permite a los practicantes o recién iniciados analizar la cadena de valor de un producto, servicio o compañía y discernir visualmente cuáles actividades agregan valor y cuáles no. El mapa de flujo de valor muestra gráficamente no solamente las actividades de los procesos, sino también los flujos de materiales e información, la relación entre los proveedores y la cadena de valor, y los requerimientos de los clientes.

Otros elementos que pueden ser incluidos también en el mapa de flujo de valor son: tiempos de entrega, disponibilidad del proceso, métodos de programación de la producción, consumo energético, y el tiempo total de las actividades que agregan valor en comparación con el tiempo de entrega total. En la bibliografía [15] o programas informáticos como Microsoft Visio o e-VSM, podemos encontrar numerosos ejemplos y símbolos gráficos de uso común para representar este tipo de diagramas.

#### 5. Indicadores relevantes de un Mapa de Valor

A fin de poder realizar un buen análisis usando esta metodología, es necesario definir las siguientes variables o indicadores:

- **Tiempo Takt.** Es un indicador de la frecuencia de compra del cliente. Para muchos expertos se trata de un tiempo objetivo al cual el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente. Se calcula de la siguiente manera:  $\text{Tiempo Takt} = \text{Tiempo de trabajo disponible} / \text{Demanda del Cliente}$
- **Tiempo de Ciclo individual.** Es el tiempo estándar asociado a cada operación del proceso. Por ejemplo: El tiempo asociado a pintar una pieza, o el tiempo estándar asociado a empacarla.
- **Tiempo de Ciclo Total (Lead Time de Fabricación).** Es el tiempo que duran todas las operaciones, se calcula sumando los tiempos de ciclo individuales.
- **Tiempo de Previsión de las Necesidades del Cliente (Lead time GAP).** En este intervalo de tiempo es cuando se deben realizar las previsiones respecto a los puntos y cantidades de pedido futuras. La magnitud del GAP es directamente proporcional con los errores en las previsiones.
- **Tiempo de Entrega Logística (Lead Time Logistic).** Comprende el intervalo de tiempo que tarda la organización desde que se abastece de materias primas, materiales e insumos hasta que el producto terminado es distribuido al cliente.

#### 6. ¿Cómo Hacer el Mapeo de Procesos?

Hoy disponemos de múltiples formatos para el mapeo de procesos, destacamos el SIPOC como el más difundido dentro de las organizaciones y como base teórica-práctica comenzar por el SIPOC siglas de Supplier- Input- Process- Output- Customer [2] y más amoldable a las especificaciones

para realizar un VSM. Entonces desde el comienzo del proceso se empieza a realizar esta metodología, viendo quién es el Supplier (Proveedor) del proceso pudiendo ser interno o externo a la empresa, y a qué proceso llegan los Inputs (entradas) que conlleva consigo, este proceso de transformación provocará que esas entradas se modifiquen en unas salidas que serán el Output (salidas), que pasarán a un Cliente pudiendo ser otro proceso o el cliente final. Una vez realizado el mapeo completo del proceso con todos los proveedores, entradas, salidas y clientes, vemos donde se producen los procesos más críticos para el aplicar el VSM. En el libro “Manual de Lean Manufacturing” de Rafael Cabrera Calva [2], se puede encontrar mayor información sobre herramientas lean que podrían utilizarse además de SIPOC.

## 7. ¿Qué datos registrar del proceso?

Registrar la siguiente información, entre otras:

- Tiempos de ciclo para cada operación del proceso.
- Disponibilidad de cada equipo del proceso.
- Tiempo de cambio de producto en cada operación (alistamiento).
- Inventarios en cada etapa del proceso.
- Conocer la demanda del cliente, los medios por los cuales solicita, la frecuencia y cantidad requerida en los pedidos.
- Pronósticos utilizados para predecir la demanda y las necesidades de abastecimiento, los medios por los cuales se pide, la frecuencia y la cantidad de los pedidos que se hacen hacia los proveedores.
- Conocer la secuencia del proceso, el flujo de materiales y de información.
- Identificación de todas las tareas que se realizan en el proceso (es muy importante pensar en lo que sucede el 80% de las veces y no el 20% que serán las excepciones)

## 8. Análisis de un caso VSM Discreto

El ejemplo siguiente explica paso a paso como construir un mapa de flujo de valor para una cadena de valor de manufactura de un producto de precisión. Con el fin de simplificar el proceso, se muestran solamente un cliente y un tipo de producto en el mapa de la cadena de valor. Este estudio fue realizado por Quesada et al. [14] para demostrar el potencial de la herramienta VSM. Se puede describir su construcción por medio de los siguientes pasos:

### Paso 1:

- 1.1 Identificar el cliente, proveedores (o suplidor) y controles en sus respectivos íconos. En este caso, hay solo un cliente y un proveedor.
- 1.2 Anotar la demanda del cliente y calcular los requerimientos de producción y envío diarios

Para este ejemplo en particular, la demanda mensual es de 10,080 unidades. La compañía trabaja solo 20 días al mes, de manera que la demanda diaria se calcula de la siguiente manera

$$\begin{aligned} \text{Demanda Diaria} &= \frac{10080 \text{ (unidades/mes)}}{20 \text{ (días/mes)}} = 504 \text{ (unidades/día)} \\ \text{Tiempo Disponible} &= \left[ 9 \frac{\text{horas}}{\text{día}} - 0.5 \frac{\text{horas}}{\text{almuerzo}} - 0.5 \frac{\text{horas}}{\text{descanso}} \right] * 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}} \\ \text{Tiempo Disponible} &= 480 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \end{aligned} \quad (1)$$

La compañía trabaja 9 horas por día, con 1/2 hora de almuerzo y dos descansos de 15 minutos cada uno. De manera que el tiempo disponible por día es de 8 horas. Por lo tanto, el “Takt Time” se calcula como se expresa a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Takt Time} &= \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda del Cliente}} \\ \text{Takt Time} &= \frac{8 \text{ (horas/día)}}{504 \text{ (unidades/día)}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} * \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \\ \text{Takt Time} &= 57.14 \text{ segundos/pieza} \end{aligned} \quad (2)$$

## **Paso 2. Identificar Mecanismos de Provisión al Cliente**

- 2.1 Indicar el método y la frecuencia de envío al cliente. La entrega al cliente es semanal y por camión de reparto de la empresa. Se entregan 2520 unidades cada semana.
- 2.2 Indicar el método y la frecuencia de envío del proveedor. En ambos casos el envío es por camión y la frecuencia es semanal. Se compran 2520 unidades de materias prima cada semana.

## **Paso 3. Identificar los Procesos de Producción**

- 3.1 Agregar los procesos. En este caso hay tres procesos: Maquinado, Acabado y Empaque
- 3.2 Agregar la información de los procesos en las cajas y las líneas de tiempo de Valor Agregado (VA) y No Valor Agregado (NVA). El tiempo de NVA es indicado en los picos de la línea de tiempo mientras que los tiempos de VA se especifican en los valles.

## **Paso 4. Identificar medios de comunicación de materiales e información**

- 4.1 Agregar los métodos de comunicación con el cliente, el proveedor y su frecuencia. Una línea roja quebrada indica que la comunicación con los proveedores y clientes se efectúa de manera electrónica. La comunicación interna entre el grupo a cargo del planeamiento de la producción y los procesos (Maquinado, Acabado y Empaque) se realiza por medio de un documento físico, por ejemplo una orden de producción y se representa a través de una línea roja continua.
- 4.2 Anotar la información respectiva en las cajas de los procesos. El tiempo de ciclo (CT) se expresa en segundos (s), y los tiempos de cambio (ST, Setup Time) en horas (h). Otro dato que puede ser importante es el tamaño de lote, si el proceso lo utiliza.

## **Paso 5. Identificar Inventarios y Tiempos de Procesos**

- 5.1 Incluir los puntos de inventario con sus respectivos niveles para cada proceso. A continuación, se muestran en el diagrama los niveles de inventario en cada punto (materia prima, acabado, empaque y producto terminado)
- 5.2 Agregar los símbolos de Pull (Tirar) o Push (Empujar). En este ejemplo, el sistema trabaja bajo un sistema Push (basado en un programa de producción a partir de un pronóstico de demanda). La línea punteada muestra el flujo del material a partir del punto de inventario de materias primas hasta el punto donde se encuentra el producto terminado.

## **Paso 6. Calcular métricas finales.**

- 6.1 Indicar o calcular los tiempos de no valor agregado (NVA). En este ejemplo en particular, corresponden a los puntos de inventario (materias primas, acabado, empaque y producto terminado), también conocidos como tiempos de espera para ser procesados. Dado que los inventarios se encuentran expresados en unidades, necesitan ser convertidos a unidades de tiempo (en este caso días). Por lo tanto, la demanda diaria es utilizada para este cálculo. Expresada en la ecuación (3), se redondean en 2500 unidades para materias primas, 5500 unidades para maquinado, 3500 unidades para terminación y 2000 para empaque.

$$\text{Punto de Inventario Materias Primas} = \frac{2500 \text{ unidades}}{504 \text{ (unidades/día)}} = 4.96 \text{ días}$$

$$\text{Punto de Inventario de Acabado} = \frac{5500 \text{ unidades}}{504 \text{ (unidades/día)}} = 10.91 \text{ días}$$

$$\text{Punto de Inventario de Empaque} = \frac{3500 \text{ unidades}}{504 \text{ (unidades/día)}} = 6.94 \text{ días}$$

$$\text{Punto de Inventario Producto Terminado} = \frac{2000 \text{ unidades}}{504 \text{ (unidades/día)}} = 3.96 \text{ días} \quad (3)$$

6.2 **Indicar o calcular los tiempos de valor agregado (VA).** En este ejemplo, los tiempos VA son los tiempos de procesamiento de cada una de las 3 operaciones (Maquinado 50 segundos / unidad, Acabado 35 segundos por unidad y Empaque 10 segundos por unidad). Estos tiempos de proceso están expresados en segundos.

6.3 **Indicar el tiempo de cambio y calcular el tiempo disponible.** De acuerdo al trabajo original, el tiempo de cambio de producto, setup o change-over se estimó en 2 horas para el periodo de maquinado y de 1.5 horas para la tarea de terminación. Esto implica cambio de producto a fabricar o un ajuste de máquina de proceso.

6.4 **Calcular el tiempo de entrega total y el tiempo de procesamiento (VA)** ecuación (4)

Tiempo Total de Entrega=4.96 días+10.91 días+6.94 días+3.96 días = 26.8 días

Tiempo de Procesamiento = 50 segundos+35 segundos+10 segundos = 95 segundos (4)

6.5 **Estimar el tiempo de no valor agregado (NVA) y valor agregado (VA) como porcentaje del tiempo de entrega total.** Los cálculos son realizados utilizando “días” como unidad de tiempo, de manera que hay que convertir el tiempo de procesamiento o VA a días en lugar de segundos.

$$VA = \left[ \frac{95 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \right] = 0.003 \text{ días}$$

NVA=Tiempo de Entrega Total - VA

NVA = 26.8 días - 0.003 días = 26.797 días

$$\%VA = \frac{0.003 \text{ días}}{26.8 \text{ días}} = 0.01\%$$

$$\%NVA = 100\% - \%VA = 99.99\% \quad (5)$$

Finalmente construimos el siguiente diagrama VSM que resume todo lo anterior

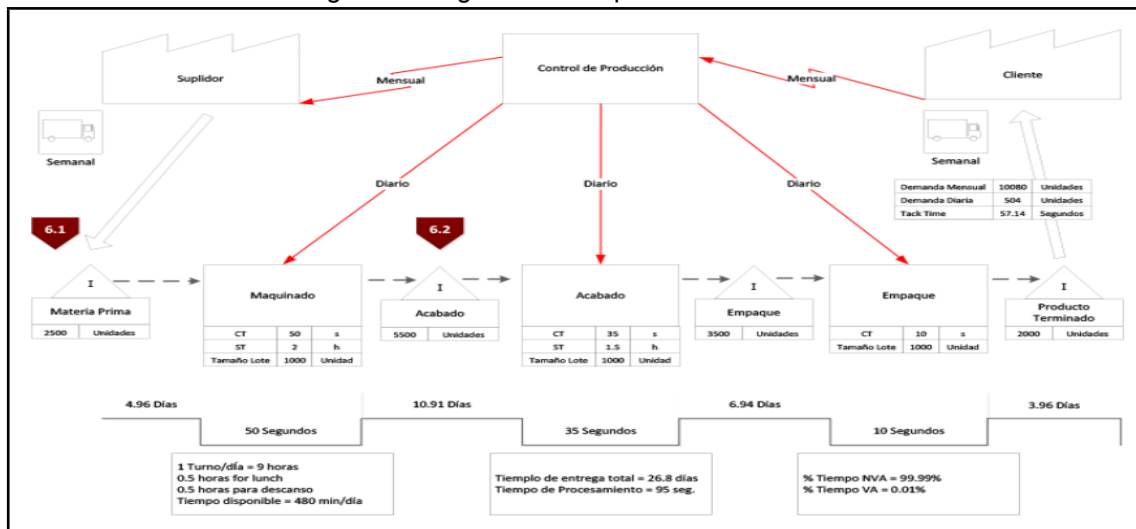


Figura 1. Representación VSM de situación actual. Fuente: Quesada-Pineda [13]

## 9. Problemas detectados en el caso discreto

Del análisis del VSM discreto de la situación actual observamos que 99.99% del tiempo de entrega logística promedio o lead time de una pieza, contando desde la recepción de la materia prima hasta la finalización del proceso, que es el almacenamiento del producto terminado, no agrega ningún valor y debe necesariamente ser reducido. Posibles soluciones incluyen:

- Aumentar la frecuencia de recepción de materias primas para disminuir tiempo de espera hasta ser procesada, actualmente están programadas compras de materias primas cada cinco días.

- b. Aumentar la cantidad de turnos de trabajo diario, actualmente es de 1 turno.
- c. Aumentar la frecuencia de entrega de productos terminados al cliente, actualmente las entregas son cada cinco días.
- d. Usar otras herramientas lean para aumentar la productividad y disminuir los tiempos entre procesos, tales como Kaizen, Just In Time y otras.

Otro de los inconvenientes del VSM discreto es la estimación que el tiempo de espera en el almacenamiento siempre se calcula sobre la base de la cantidad máxima que se recibe o almacena. En el ejemplo, consiste en una foto, un día cualquiera en que hay una gran acumulación de stock de productos en proceso que no necesariamente se debe tomar como regla, sino que puede deberse por ejemplo a una falla del equipo de terminación que obligó temporalmente a una acumulación de inventario un poco elevada. Lo mismo puede inferirse para inventario de empaque.

Además no siempre el inventario está en su máximo nivel, sino que debe considerarse para los cálculos el inventario promedio, por cuanto, en el caso de inventario de materias primas, se reciben 2520 unidades cada semana (o 2500 unidades si había stock previo), que se consumen de manera programada hasta llegar a cero, momento en el que ingresa nuevamente una nueva partida de materias primas. En este caso el inventario promedio sería de 1260 unidades y reduciría los tiempos de espera. Igual análisis puede hacerse en el resto de los inventarios.

## 10. Construcción del modelo de simulación discreta

Con ayuda de Simul8, un simulador de procesos industriales, hemos reproducido el ejemplo desarrollado por Quesada-Pineda en 2012 [13], usando las herramientas para análisis VSM que contiene la versión actualizada del simulador. La ventaja de utilizar un simulador, es que al poder analizar el proceso completo pieza por pieza de manera dinámica, resulta más correcto el cálculo de los tiempos de espera y proceso de cada pieza en cada parte del proceso y luego por la suma de todos los promedios, podemos estimar un tiempo total del proceso y tiempo de residencia desde el momento de la emisión de la orden de compra del cliente, la recepción de materia prima hasta la puesta a disposición y entrega de los productos terminados.

Asumimos por simplificación que el proceso no requiere de control de calidad tanto en la recepción como a la salida de cada proceso por cuanto se supone que los procesos están normalizados y se han eliminado todas las fallas y se garantiza calidad 100%. Asumimos también, que los equipos de cada proceso trabajan con una eficiencia de 100%, con los mismos tiempos de ciclo discretos. El fin de esta simplificación es reproducir el trabajo original de Quesada-Pineda de 2012 [13] para poder compararlo. Además, agregamos dos procesos adicionales para recepción de materia prima y expedición del lote a entregar al cliente. En ambos hemos supuesto un tiempo fijo promedio de 30 minutos por lote. Esto agrega un tiempo promedio de 3600 segundos al trabajo original.

El análisis dinámico de fabricar pieza por pieza, indica que el promedio de tiempo de proceso desde la recepción de materias primas hasta la entrega de productos terminados al cliente, incluyendo expedición, se estima en 134,880 segundos (37.47 horas) o 7.5 días. Si comparamos este tiempo contra el caso discreto de 26.80 días, podríamos entusiasmarnos con decir que ahorramos un 72% del tiempo, pero esto no es así. El VSM determinístico sobrestima el tiempo total de entrega y el VSM probabilístico, al trabajar de manera dinámica pieza por pieza y resulta más realista en sus resultados.

Observamos en el caso simulado que el cuello de botella en los tiempos de entrega total que no agregan valor, son los tiempos de espera de piezas en inventarios de materias primas y de productos terminados y no en empaque. La tabla siguiente muestra los resultados del proceso, donde 98.7% del tiempo, una pieza permanece en reposo esperando ser trabajada. Esto es lo que llamamos **No Valor** en el proceso y deberíamos tratar de reducirlo.

*Tabla 1. Resultados Simulados. Fuente Propia*

Variable	Valor	Unidad
Dep.Mat:Primas	65598	segundos
Proc.Maquinado	50	segundos
Inv. Maquinado	17	segundos
Proc. Terminacion	35	segundos
Inv. Terminacion	0	segundos
Proc. Empaque	10	segundos
Inv. Empaque	65566	segundos
Tiempo Total	131276	segundos
Piezas Producidas	10080	

Una de las graficas que nos devuelve el simulador en su finalizacion es la tabla del Tiempo Total de Entrega, en la cual observamos que el gran cuello de botellas del proceso se encuentra en los dos extremos, Inventario de Materias Primas e Inventario de Productos Terminados, el cual puede ser reducido disminuyendo el tamaño del lote de compras y su frecuencia de semanal a diaria por ejemplo, aun cuando ello implique incrementar los costos de comprar, que seguramente se equilibraran con la baja de los costos de tenencia de inventarios. La figura 2 siguiente muestra el Tiempo Total de Entrega o Lead Time.

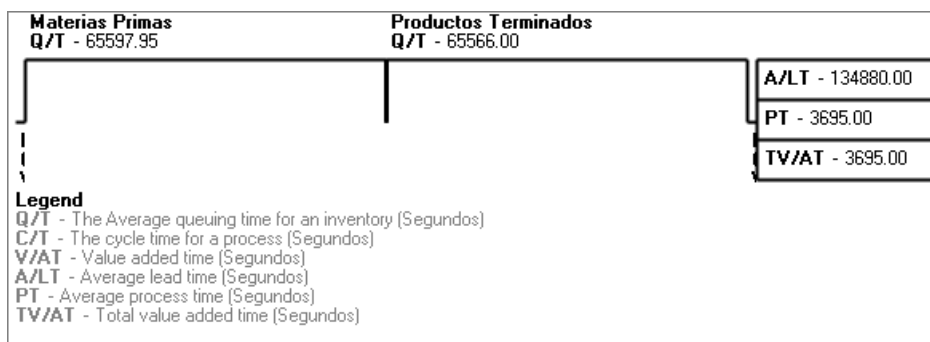


Figura 2. Tiempo Total de Entrega. Fuente Propia

Puesto que hemos asociado a cada proceso un recurso, la ocupacion o carga de trabajo de cada recurso es: en a) Maquinado 93%, b) Terminacion 66%, c) Empaque: 18%. Esto muestra que hay sobrecarga de los operarios, y deberá analizarse el proceso de Maquinado y Terminacion, que cualquier cambio en la productividad pretendida afectará la disponibilidad del recurso, por cuanto más del 75% de ocupacion permanente se considera sobrexigencia y puede obligar a incorporar un segundo recurso. La figura 3 muestra el modelo construido en Simul8.

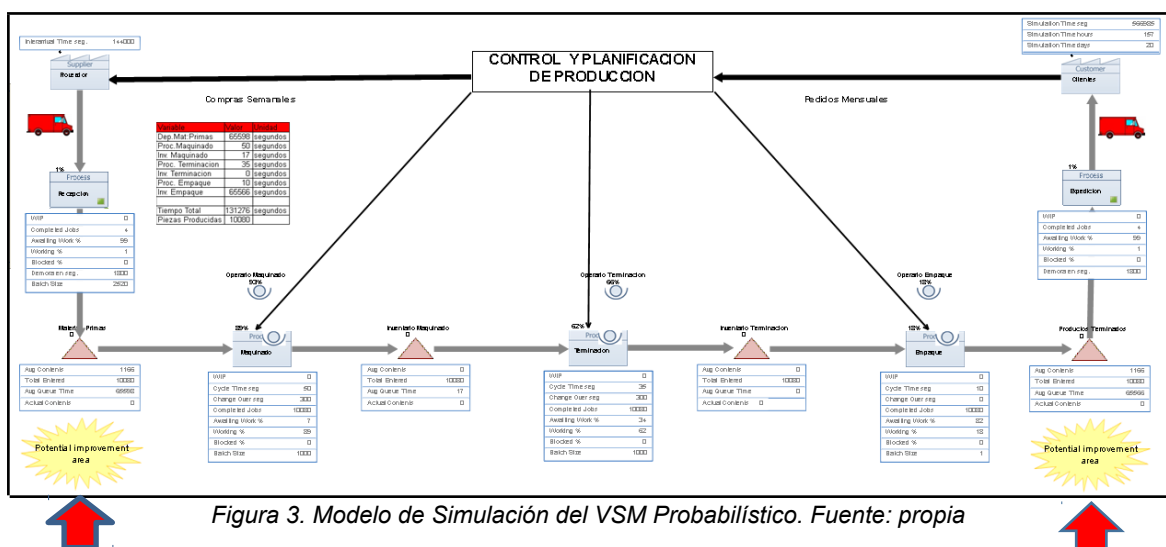


Figura 3. Modelo de Simulación del VSM Probabilístico. Fuente: propia

Mostramos tambien en la figura 3, con la visualizacion de kanbanes en amarillo, las oportunidades de mejoras, esto es lugares del proceso donde poder actuar a fin de reducir el tiempo de entrega total o aumentar la cadena de valor. El analisis de inventarios simulados nos muestra que en promedio existen 1166 piezas en promedio en los inventarios de Materias Primas y Productos

terminados. Esto ocasiona que la demora en ser procesados consume el 98% del tiempo total de entrega como muestra la *tabla 1*.

## 11. Mejoras al Proceso

Luego de haber analizado la situación actual, implementamos y probamos diferentes configuraciones, las simulamos y decidimos que la mejor forma de reducir los tiempos totales de entrega, consiste en incorporar los siguientes cambios:

- a) Reducir la frecuencia de compra de 2520 unidades semanales a 1 compra diaria.
- b) Aumentar la frecuencia de entrega al cliente, pasando de las actuales 2520 unidades semanales, a una frecuencia de 1 entrega diaria.

Con estos cambios en nuestro modelo, obtuvimos los siguientes resultados, expresados en segundos. Representamos cambios de compras y entregas en diferentes intervalos de tiempo.

*Tabla 2. Análisis de cambios al modelo. Fuente: propia*

Variable Analizada (Compras y Entregas) cada	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días
Tiempo de Entrega Total/Lead Time	3226 0	6057 1	8849 0	11743 4	13488 0
Tiempos de Proceso	3695	3695	3695	3695	3695
Demora en Materias Primas	1445 8	2867 9	4262 4	56939	65598
Demoras en Productos Terminados	1406 9	2816 1	4236 0	56946	65566
Máxima Ocupación de Máquinas	87%	87%	87%	87%	87%

De las opciones analizadas, el menor tiempo de entrega se consigue con compras y entregas diarias, pero la decisión final pasa por un problema de análisis de costos que involucran compras, tenencia de inventarios y la obtención de las materias primas más el costo de producción. Se observa un elevado porcentaje de ocupación de los recursos afectados, especialmente el operario de Maquinado que tiene una ocupación cercana al 100%, lo que está indicando saturación y sería buena idea duplicar el recurso. Hicimos esto y la carga de los recursos se reduce al 50% aproximadamente, pero no modifica los promedios de *tabla 2*.

También podría utilizarse máquinas automáticas sin intervención de operarios y con mayor tiempo entre setup entre productos distintos y menores tiempos de setup. Las máquinas en promedio están 13% inactivas debido a tiempos de setup. Si usáramos máquinas dedicadas, seguramente conseguiríamos disminuir el tiempo total de entrega. Con la configuración actual, resulta posible entregar 504 piezas cada día. Si no consideramos los procesos de recepción y expedición, el tiempo total de proceso es de 28660 segundos, equivalentes a 7.96 horas.

## 12. Conclusiones del Caso Analizado.

Hemos comparado dos visiones de una herramienta de mucha aplicación en la industria y los servicios, como es el Mapeo de Procesos de Valor o VSM. En uno de ellos, el modelo discreto, muestra de manera rápida los cuellos de botella principales que no agregan valor a la cadena de abastecimiento desde el requerimiento del cliente hasta su provisión. A través de su análisis, es posible sugerir cambios al proceso, por ejemplo, usar mecanismos push (empujar) o pull (tirar), la utilización de kanbanes al usar un sistema pull y los inventarios ajustados a JIT. Es posible sugerir una serie de cambios que permitan agrupar procesos, reducir inventarios y cantidad de trabajos en proceso (WIP). Lo que no permite es evaluar los cambios que pueden ser implementados.

Por otro lado, el VSM probabilístico usando algún simulador discreto de procesos industriales, permite analizar de manera más dinámica la evolución del proceso y sus resultados basados en promedios o intervalos de confianza resultan más reales y también permiten identificar los cuellos de botella y partes del proceso que no agregan valor. La ventaja que tiene un simulador es que podemos analizar cambios muy rápido tendientes a optimizar el proceso desde un punto de reducir el tiempo total de entrega, disminuir los costos de producción y abastecimiento o todos juntos.

En nuestra comparación queda claro que el VSM discreto sobrestima los tiempos totales de entrega y puede inducir a tomar decisiones un poco cuestionables, porque asumen valores de máxima y sus indicadores resultan más altos que los obtenidos por VSM probabilístico.

Sugerimos que para analizar cambios en los procesos se utilice primero el VSM discreto para identificar el proceso, sus componentes y lugares donde podrían ser implementados algunos cambios tendientes a agregar valor y luego continuar con un modelo de simulación para ensayar diferentes combinaciones que determinen la configuración óptima dentro de las restricciones que se impongan tales como, reducir tiempos de espera, reducir costos, aumentar la productividad, etc.

### 13. Referencias

- [1] Baudin M, "Ideas from manufacturing operations". Recuperado de <http://michelbaudin.com/2013/10/25/where-do-value-stream-maps-come-from/>, 2013
- [2] Cabrera Calva R., "Manual de Lean Manufacturing, TPS Americanizado", Editor: Rafael Cabrera Calva, 2014. Publicación personal, disponible en internet.
- [3] Cuatrecasas, L. "LEAN MANAGEMENT: Lean management es la gestión competitiva por excelencia. Implantación progresiva en 7 etapas". Barcelona, España: Profit Editorial, 2010
- [4] Goldratt E. y Cox J. "La Meta. Un proceso de mejora continua". México: Ediciones North River Press, 1993
- [5] Guevara, J. Value Stream Mapping: una herramienta de observación para la transformación esbelta de los procesos, 2007
- [6] Harmon, P.; Business Process Change: A Manager's Guide to Improving, Redesigning, and Automating Processes. Morgan Kaufmann, San Francisco, USA (2003).
- [7] Hernández Matías J. – Vizán Idopipe A., "Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación", Fundación EOI, [www.eoi.es](http://www.eoi.es), Madrid, 2013
- [8] Hines, P., & Nick, R. (1997). The seven value stream mapping tools. International Journal of Operations & Production Management, 17, 46-64.
- [9] Hobbs, D. (2011). Applied Lean Business Transformation: A Complete Project Management Approach. Estados Unidos: Ross Publishing.
- [10] Jones, D., & Womack, J. Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. En Gestión 2000. España, 2012
- [11] Liker J.K., "The Toyota Way", Mc Graw Hill, New York, 2004
- [12] Porter M., "Ventaja Competitiva", Editorial CECSA, 1985
- [13] Quesada Pineda H. "Pensamiento Lean: Ejemplos y aplicaciones en la industria de productos de la madera", Publicación ANR-17S, Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech University, 2012
- [14] Quesada-Pineda, H., Haviarova, E. and Slaven, I. 2009. A Value Stream Mapping Analysis of Selected Wood Products Companies in Central America. Journal of Forest Products Business Research Vol 6, article 4. Online Journal
- [15] Rother, M. and J. Shook. "Learning To See". The Lean Enterprise Institute. Brookline, MA., 2003.
- [16] Villadiego, M. C. "Diseño Metodológico para la implementación del Value Stream Mapping (VSM) en una empresa manufacturera colombiana dedicada al mercado de ascensores". Trabajo dirigido de Grado, UNAL, Medellín, 2012
- [17] Womack, J. P. and D. T. Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation. Second edition. Simon & Schusters. New York, 2003
- [18] Womack, J. P., D. T. Jones, and D. Roos. The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production. Harper Perennial. New York, 1991



# Evaluación técnica del emplazamiento de una planta de biodiesel a partir de Avus en la ciudad de Salta

Silvana Castillo\*, Bárbara Villanueva<sup>1</sup>, Susana Castillo<sup>2</sup>, Héctor Solá<sup>3</sup>

*Facultad de Ingeniería – Facultad de Ciencias Exactas-Universidad Nacional de Salta  
Tel. 0387-4258618e-mail: se\_castillo@yahoo.com.ar*

*(2) Facultad de Ciencias Exactas-Universidad Nacional de Salta  
e-mail: su\_castillo@yahoo.com.ar*

## RESUMEN.

El objetivo principal del trabajo consiste en la evaluación técnica del emplazamiento de una planta de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales usados (AVUs) en la ciudad de Salta. Existen dos problemas a nivel ambiental y energético en la ciudad de Salta, uno es la generación de AVUs y la falta de tratamiento de los mismos para la generación de biocombustibles, y el otro es el aumento progresivo de los precios del combustible diesel que se traslada en el incremento de la tarifa en el transporte público urbano e interurbano de la ciudad de Salta.

La metodología empleada es la del dimensionamiento de una planta de producción de biodiesel a partir de los siguientes puntos: análisis del proceso de obtención de biodiesel a nivel de laboratorio, estudio de la legislación vigente, análisis de la demanda e inversión inicial. Los resultados técnicos arribados permiten inferir que un punto crucial en el proceso de producción es la disponibilidad y gestión de recolección de los AVUs en la ciudad de Salta. De igual forma desde el punto de vista económico, el emplazamiento de una planta de biodiesel implica una inversión inicial elevada, que se llegaría a compensar por los beneficios ambientales y energéticos que traerían aparejados.

**Palabras Claves:** biodiesel, aceites vegetales usados, esterificación ácida-básica

## ABSTRACT

The main objective of the work consists of the technical evaluation of the location of a plant for the production of biodiesel from used vegetable oils (AVUs) in the city of Salta. There are two environmental and energy problems in the city of Salta, one is the generation of AVUs and the lack of treatment of them for the generation of biofuels, and the other is the progressive increase in the prices of diesel fuel that moves in the increase of the fare in the urban and interurban public transport of the city of Salta.

The methodology used is the dimensioning of a biodiesel production plant based on the following points: analysis of the process of obtaining biodiesel at the laboratory level, study of current legislation, analysis of demand and initial investment. The technical results arrived at allow us to infer that a crucial point in the production process is the availability and collection management of AVUs in the city of Salta. Similarly, from the economic point of view, the location of a biodiesel plant implies a high initial investment, which would be compensated by the environmental and energy benefits that would come with it.

**Keywords:** biodiesel, used vegetable oils, acid-base esterification

## 1. INTRODUCCIÓN

La situación actual que enfrentan los países a nivel mundial para obtener recursos energéticos es cada vez más preocupante, dada la disminución de las reservas de petróleo en contraste con el crecimiento de la demanda energética. La Argentina tiene un alto consumo de combustible diesel comparado con el de las gasolinas.

El biodiesel, combustible de origen vegetal, se presenta como una solución al problema de la escasez de combustible y a los problemas de la contaminación ambiental y de cambio climático. La mayor parte de la producción de biodiesel en el mundo se obtiene en base al aceite de palma, soja, canola y girasol; los cuales son productos destinados tradicionalmente al consumo humano. En muchos casos se ha recurrido a la deforestación de bosques primarios y reforestación con monocultivos, sin analizar las posibles consecuencias.

Se han generado diversas controversias debido al empleo de materias primas que atentan contra la sostenibilidad y representan obstáculos en cuanto al crecimiento de la demanda alimentaria debido al uso de suelo ya la contaminación ambiental, y a la búsqueda de materias primas alternativas que no atenten contra el medio ambiente.

El gobierno nacional impulsa la producción del biodiesel, ya que desde el año 2006 se ha puesto en vigencia la Ley 26.093 referida al Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles.

El estudio que se presenta en este trabajo es el diseño de una Planta de Producción de Biodiesel a partir de aceites vegetales usados (AVUs). El alcance del proyecto es la ciudad de Salta. Dado que en la actualidad, todavía no se realiza un aprovechamiento de los AVUs de la ciudad, se plantea la producción de biodiesel con el objeto de abastecer de biocombustibles a la flota de transporte público urbano, a través de convenios entre el gobierno y empresas privadas. Se plantea un análisis de recolección de AVUs, ya que existen diversos tipos de restricciones en cuanto a la disponibilidad de la materia prima.

Desde el punto de vista técnico se evalúan los procesos involucrados, y la demanda existente para llevar adelante un proyecto de producción de biodiesel a partir de AVUs.

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Evaluar las tecnologías disponibles a escala industrial para la producción de Biodiesel a partir de los aceites vegetales usados (AVUs) generados en la ciudad de Salta
- Analizar la viabilidad técnica y económica de la producción de Biodiesel a partir de los AVUs y su inversión económica inicial

## 2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo que se plantea, se desarrolla a partir de los siguientes puntos:

- a) Relevamiento de la situación actual y planteo del problema
- b) Descripción del marco conceptual
- c) Experiencia de Laboratorio
- d) Dimensionamiento de la Planta de producción de biodiesel a partir de AVUs
- e) Análisis de la Inversión Inicial
- f) Discusión de los resultados y conclusiones

Los ítems antes mencionados permiten realizar un análisis integral para el emplazamiento de la planta de producción de biodiesel a partir de AVUs en la ciudad de Salta.

## 3. RELEVAMIENTO DE LA SITUACION ACTUAL-PLANTEO DEL PROBLEMA

La ciudad de Salta se encuentra localizada en el centro de la provincia de Salta y es la capital de dicha provincia. Ha crecido en términos de población como de turismo, y con ello el consumo de alimentos. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)<sup>1</sup>, la población de la provincia de Salta representa un 3 % del total de la población del país.

En la actualidad se produce una gran cantidad de aceites vegetales usados (AVUs). Hasta el año 2012 no se gestionaba el acopio ni el destino final de los AVUs y era arrojados en las cloacas y en el suelo. Luego en el año 2013 se aprueba la ordenanza municipal N° 14575C.D. que tiene por objeto la regulación, control y gestión de AVUs; la misma comprende la generación, manipulación, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final en el territorio de la Municipalidad de la ciudad de Salta. De acuerdo a datos oficiales se recolecta una media de 600000 litros de AVUs por año [5]. Por otra parte una creciente problemática es el incremento de

la tarifas de transporte urbano de pasajeros. Con ello, las problemáticas detectadas se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- Incremento de tarifas de combustibles
- Generación de valor de los residuos y el aprovechamiento energético de los mismos
- Inexistencia de plantas de producción de biodiesel en la provincia de Salta

## 4. DESCRIPCIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

### 4.1 Definición de biodiesel

La American Society for Testing and Materials (ASTM) define el biodiesel o metil ésteres de ácidos grasos (fattyacidmethylester, FAME) como el éster monoalquímico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores diesel. Es decir, un combustible alternativo de combustión limpia hecho con grasa o aceite (como el de soja o de palma) el que se ha realizado a un proceso químico para extraerle la glicerina. El término biodiesel alude al combustible puro denominado B100 que ha sido designado como combustible alternativo por los Departamentos de Energía y de Transporte de los EE.UU. El B100 puede usarse en estado puro, pero se usa con mayor frecuencia como aditivo para el combustible diésel convencional.<sup>1</sup>

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental (EPA) se define al biodiesel (también llamado como biomasa basada en el diesel) como un combustible renovable producido por transesterificación de origen orgánico derivado de aceites y grasas. Puede ser usado para reemplazar parte del combustible diesel.<sup>2</sup>

### 4.2 Proceso de obtención de biodiesel a partir de AVUs

Los principales procesos que intervienen en la producción de biodiesel a partir de AVUs son el proceso de esterificación ácido-básica y el de transesterificación. La elección de estos procesos radica en las mediciones del porcentaje de acidez que contienen inicialmente los AVUS.

En primer lugar el proceso de esterificación ácido-básica es la reacción en la que interviene un alcohol (puede ser metanol o etanol) y un ácido fuerte por ejemplo ácido sulfúrico como catalizador, según puede verse en la Figura 1:

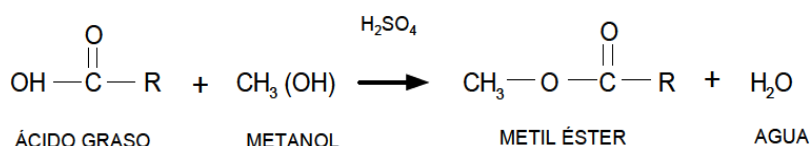


Figura 1 Reacción de esterificación entre ácido graso y metanol

Luego se efectúa el proceso de transesterificación [6]. En caso de realizar una esterificación, los parámetros del proceso serán elegidos en función de la acidez. La esterificación ácida permite reaprovechar los ácidos grasos. Al aceite caliente se agrega metanol en cantidad adecuada para reaccionar con los ácidos grasos libres (AGL), utilizando ácido sulfúrico como catalizador [3]. Luego de la reacción, se separa el agua mediante decantación o centrifugación, y lo que queda es una mezcla de aceite (triglicéridos) y biodiesel con menos del 1% de ácidos grasos libres. Con esta mezcla se puede hacer una transesterificación alcalina.

Una de las dificultades que se presenta es la presencia de agua. La acumulación de agua que se produce durante la esterificación puede llegar a detener la reacción antes de que se complete. Para solucionar este problema se sugiere trabajar en dos o más etapas, de forma de ir separando el agua antes de continuar con la esterificación [9].

Otra desventaja que se presenta es la cantidad de metanol necesaria; mientras que con la catálisis alcalina se requiere una cantidad de 6 moles de alcohol por cada mol de triglicérido que se presenta (razón molar 6:1), algunos autores señalan que con la catálisis ácida se necesita entre 30:1 y 50:1 [11].

El tercer problema que se cita es el uso de ácido sulfúrico, ya que es un insumo con alta corrosividad y requiere el uso de tanques de acero inoxidable; su utilización además produce efluentes ácidos contaminantes. La esterificación ácida se justifica solo si tienen un AGL alto. En algunos casos, se propone el uso de sulfato férrico como catalizador para la esterificación ácida.

<sup>1</sup> Extraído del ASTM international, [http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson\\_spjf09.html](http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html).

<sup>2</sup> United States Environmental Protection Agency (EPA)

Este catalizador heterogéneo presenta ventajas porque es sólido, ya que es fácilmente separable de los productos, es reutilizable y no genera efluentes. Es mucho más eficiente que el ácido sulfúrico. Se estima que con una cantidad de catalizador del 2 % en peso, con una razón molar de 10:1 de metanol a triglicéridos y una temperatura de reacción de 95°C se alcanza una conversión del 97% de los ácidos grasos libres de un aceite usado a biodiesel[10].

El uso de la catálisis ácida sirve como pre-tratamiento de materia base con alto contenido de ácidos grasos libres, pero la velocidad de reacción para convertir triglicéridos a metilésteres es muy lenta[7].

El contenido máximo de ácidos grasos libres aceptable con el proceso de transesterificación es de 2%, siendo lo mejor un valor cercano al 1%. Si la acidez de los AVUs es baja el biodiesel se produce por una reacción química catalizada denominada transesterificación. Se basa en la reacción de moléculas de triglicéridos (el número de átomos de las cadenas está comprendido entre 15 y 23, siendo el más habitual de 18) con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol, butanol) para producir ésteres y glicerina (puede ser utilizada en cosmética, alimentación, farmacia, etc.). Estequiométricamente se produce en una proporción molar de alcohol triglicérido de 3 a 1, reaccionando en la metanólisis 1 mol de triglicérido con 3 moles de alcohol (aunque algunos autores sugieren agregar una cantidad adicional de alcohol para desplazar la reacción hacia la formación de éster metílico). El triglicérido es el principal componente del aceite vegetal o la grasa animal.

En la experiencia llevada a cabo se empleó metanol y soda cáustica (NaOH), como resultado de haber evaluado con antelación las ventajas y desventajas de sus usos. Es así que el hidróxido se une para formar metóxido de sodio (NaCH<sub>3</sub>O). Cuando se mezclan el metóxido con aceite se rompen las uniones de la molécula de aceite, liberando glicerina y ácidos grasos. Estos últimos, se unen al metanol, formando biodiesel. Los productos finales se denominan metilésteres. El proceso puede llevarse a cabo igualmente con otros alcoholes tales como etanol, propanol o butanol o con otras bases tal como hidróxido de potasio (KOH).

En la reacción de transesterificación se utiliza un catalizador para mejorar la velocidad de reacción y el rendimiento final. Los catalizadores pueden ser ácidos, básicos o enzimáticos. Los que se utilizan a escala comercial son los catalizadores básicos, ya que actúan mucho más rápido y además permiten operar en condiciones moderadas. La utilización de álcalis implica que los triglicéridos y el alcohol deben ser anhidros (< 0,06 % v/v) para evitar que se produzca el proceso de saponificación. Además, los triglicéridos deben tener una baja proporción de ácidos grasos libres para evitar que se neutralicen con el catalizador, y se formen también jabones. Las reacciones secundarias que se pueden presentar son la saponificación y neutralización de ácidos grasos libres. En la Figura 2, se muestra la reacción química de transesterificación:

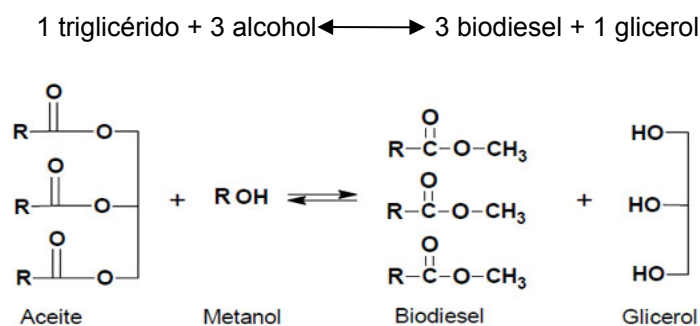


Figura 2 Proceso de Transesterificación

Como se mencionó anteriormente en la práctica se necesitan más de 3 alcoholes por cada triglicérido para que la reacción sea completa. La idea central en este proceso es que una cantidad catalítica de hidróxido puede favorecer la reacción de transesterificación del aceite. La solución se mezcla con el aceite y se eleva la temperatura a 68°C durante una hora bajo agitación comprendida entre 500 y 600 rpm. Luego se deja decantar por 12 horas para separar el biodiesel[1].

## 5. EXPERIENCIA DE LABORATORIO

En esta etapa se realizaron las pruebas de laboratorio con el objeto de definir la técnica apropiada para la producción de biodiesel, y el porcentaje de conversión de los AVUs a Biodiesel. En la primera experiencia se aplicaron diferentes técnicas sobre los AVUs que provenían de una confitería que opera en la Universidad Nacional de Salta. Las pruebas de laboratorio se efectuaron en la Planta Piloto II en el laboratorio de Operaciones y Procesos Industriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. Se pusieron en práctica tres técnicas relevadas,

extraídas de lecturas previas correspondientes a ensayos de similares características. Se trabajó con dos tipos de materias primas: aceite de origen vegetal virgen, y AVUs, con el objeto de realizar mediciones comparativas de diferentes parámetros de interés. Las técnicas seleccionadas para realizar la experiencia son: transesterificación directa, esterificación ácida-básica y desacidificación directa[1]. Debido al porcentaje de acidez, se empleó la primera técnica para el caso de la muestra de aceite virgen, en tanto que las otras dos técnicas fueron utilizadas para el tratamiento de AVUs. A partir de estas últimas se eligió la que tenía mayor rendimiento.

En la segunda experiencia y tercera experiencia se replicó la primera experiencia con la técnica seleccionada en la primera. Esto permitió dimensionar la planta tomando como base la escala de laboratorio. De las muestras extraídas en la tercera experiencia se realizó un análisis completo de la calidad del biodiesel obtenido de acuerdo a los parámetros exigidos por normativa.

Inicialmente se realizó un análisis de los aceites vegetales y AVUs[5].

De las tres técnicas, se seleccionó el método de Esterificación ácida-básica dadas las características de los AVUs. El proceso realizado a nivel de laboratorio consta de las siguientes etapas:

- Filtrado
- Desgomado
- Esterificación ácida.
- Transesterificación

En las Figura 3, se muestra parte del proceso de producción a escala de laboratorio



*Figura 3 Colocación de AVUs en vaso de precipitados  
Planta Piloto II-Facultad de Ingeniería-UNSa  
Fuente: Elaboración propia*

Los rendimientos obtenidos a partir de la producción de AVUs a través de las tres técnicas son:

*Tabla 1: Técnicas para la producción de Biodiesel*

Técnica	Rendimiento	Materia prima
Transesterificación	86 %	Aceites vegetales vírgenes
Esterificación ácida-básica	76,8%	AVUs
Desacidificación directa	53,8 %	AVUs

*Fuente: Elaboración propia*

En la Figura 4, se muestra el Biodiesel obtenido a nivel de laboratorio:

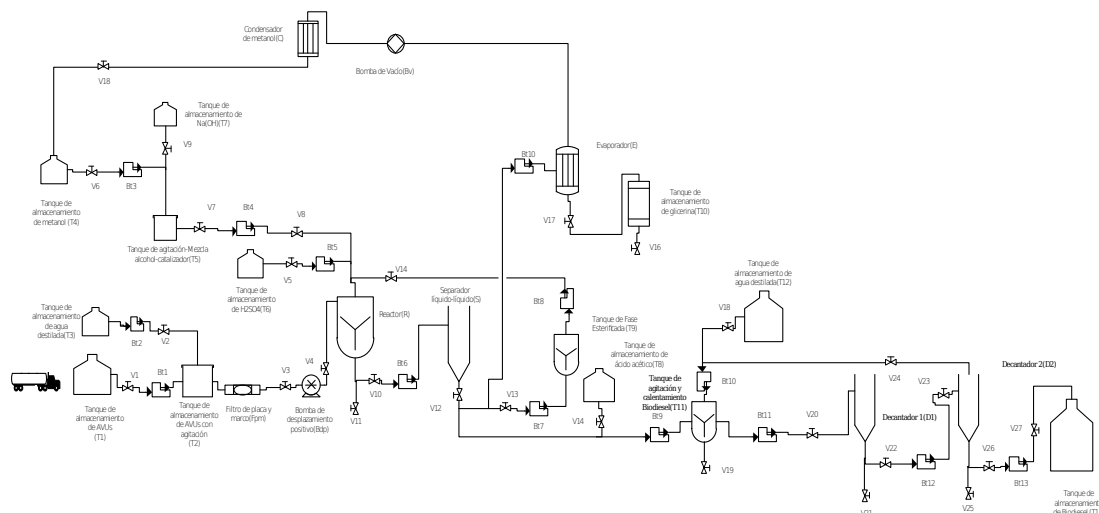


**Figura 4 Biodiesel a partir de AVUs-Método Esterificación ácida-básica**  
**Planta Piloto II-Facultad de Ingeniería-UNSa**  
**Fuente: Elaboración propia**

Posteriormente, se realizaron los principales análisis de la calidad del biodiesel obtenido según normativa y se verifican los límites permisibles, según normativa mundial EN 14214 (densidad, índice de refracción, punto de inflamación, poder calorífico etc).

## 6. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIODIESEL A PARTIR DE AVUS

El diseño de la Planta se realizó en función de los procesos analizados en [2] en base a las pruebas experimentales realizadas en el laboratorio. Se presenta una memoria descriptiva en la que se detalla los equipos y procesos que constituyen la Ingeniería de Planta. En la Figura 5 se muestra el diagrama de procesos de producción de biodiesel a partir de AVUs:



**Figura 5 Diagrama de Proceso de la producción de Biodiesel a partir de AVUs**  
**Fuente: Elaboración propia**

El diseño de la planta se definió luego de analizar la tecnología existente y se encuentra constituido por 5 sistemas principales: de materias primas, de reacción, de separación, de recuperación de metanol, de lavado y almacenamiento. El flujo diario de AVUs que se tomó como referencia es de 1764 litros de AVUs/día (de acuerdo a la recolección que se realiza actualmente) pudiendo trabajar al triple de flujo planteado, de acuerdo a la capacidad instalada y a la programación de la producción.

La configuración de la planta, se plantea alrededor del reactor(R), que es el equipo principal. El proceso se desarrollará empleando un proceso tipo batch, el cual debe contener un sistema de calentamiento, agitación, controladores de temperatura, de condensación y de separación.

Los equipos adicionales son bombas para la alimentación de transportes de los reactivos y productos obtenidos durante la fase de producción, tanques para reactivos y agua destilada, evaporador y condensador.

Se cuenta además con un sistema de energía que abastece de electricidad a los distintos procesos de la planta, pudiéndose incorporar un sistema de control PLC, el cual permite realizar el control y modificación del proceso. El control de calidad se llevará a cabo en los actuales laboratorios, ubicada en el mismo recinto donde se emplazará la planta [8].

Los cinco sistemas principales identificados son:

### **6.1 Sistema de materias primas**

Se subdivide en dos partes. La primera etapa se encuentra relacionada con el manejo, almacenamiento y filtrado de los AVUs. Estos últimos ingresan del sistema de recolección a la planta y son almacenados en el tanque T1. La alimentación de este fluido se realizará al tanque de almacenamiento (T2) mediante bombas de trasvase. Debido a la heterogeneidad y variabilidad de los AVUs, estos deben ser pretratados con el fin de lograr las condiciones óptimas para su posterior transformación en biodiesel. En esta etapa se realiza el pretratamiento de los AVUs que consiste en la remoción de impurezas sólidas y acondicionamiento de parámetros esenciales tales como: porcentaje de ácidos grasos libres y contenidos de humedad de los AVUs. El tanque T2 cuenta con un sistema de calentamiento para la fundición de grasas. Para este fin, se calienta el recipiente enchaquetado (con un aceite térmico específico), y se agrega el fluido, en este caso agua destilada, que se encuentra almacenada en un tanque (T3), que hidratará las gomas, y las hará insolubles en el aceite. Luego del vertido, mezclado y calentado, se lo conduce a través de un filtro de placas y marcos (Fpm), que tiene como función la eliminación de material particulado contenido en el aceite. Esto último se produce con la ayuda de una bomba de desplazamiento positivo (Bdp). Los AVUs filtrados son alimentados al reactor.

La segunda etapa es la preparación de materias primas que intervienen en los procesos de Esterificación y Transesterificación correspondientemente. En la primera operación se realiza la alimentación de metanol proveniente del tanque T4, y del ácido sulfúrico procedente del tanque T6 al reactor(R). Luego de culminada esta última se realiza la segunda operación a través de la mezcla homogénea de la carga (alcohol-catalizador) que es agregada al mezclador (T5), y luego son enviados al reactor(R) para realizar la operación de transesterificación.

### **6.2 Sistema de reacción**

El reactor seleccionado es del tipo batch(R), debido al volumen que se maneja; y a la flexibilidad que presenta por la variabilidad de la materia prima. En cuanto a los aspectos constructivos, se caracteriza porque en su exterior se encuentra enchaquetado y aislado para reducir las pérdidas de calor. Cuenta además con un sistema de agitación, un controlador de temperatura y presión. El calentamiento del reactor se realiza con un sistema de calefacción de un fluido adaptado al reactor por el cual circula agua a 63 °C con el objeto de realizar la transferencia de calor a las sustancias que reaccionan en el interior del reactor. En cuanto al material de construcción, se seleccionó acero inoxidable 316, debido a su gran resistencia a la corrosión ácida y ácidos grasos libres. En el equipo ocurren dos reacciones químicas en dos etapas, según se mencionó en el sistema anterior. La primera es la esterificación catalítica en medio ácido con metanol, y la segunda es la transesterificación con catalizador básico con metanol. Las dos se realizan a condiciones atmosféricas (10,8 Psi).

El proceso se inicia con el llenado de AVUs en el reactor (R) donde se mezcla un porcentaje de metanol junto con el agregado de  $H_2SO_4$  en un rango de temperatura de 60-65°C, con ello comienza la etapa de esterificación. Luego el metanol restante, y el hidróxido de sodio ingresan al tanque de mezclado (T5). La mezcla de metóxido de sodio, eleva su temperatura hasta llegar a 55-60 °C, lo cual permite completar la etapa de transesterificación. En el reactor, la mezcla se realiza por medio de un agitador de aspas. Al transcurrir un tiempo previamente determinado, se detiene el agitador y comienza la fase de decantación, la que culmina con la extracción del glicerol por la parte inferior del reactor, y el envío de la glicerina obtenida al evaporador (E) para la recuperación del alcohol.

### **6.3 Sistema de Separación y Lavado**

Posee dos etapas. Una etapa es la decantación del biodiesel del glicerol, y la segunda es la separación del alcohol recuperado del glicerol.

En primer lugar, una vez extraída la fase del biodiesel y del glicerol por la parte inferior del reactor, esta última aún contiene restos de alcohol, la cual es conducida al sistema de recuperación de metanol.

La fase del biodiesel en tanto es enviada al tanque de fase esterificada (T9), el cuál sirve de paso entre el reactor (R) y el sistema de lavado que se desarrolla en el tanque de agitación (T11). Su función principal es la de actuar como buffer en el caso de existir algún problema en el sistema de lavado. Una vez dentro del sistema de lavado, se realizan dos lavados, uno con ácido acético proveniente del tanque T8, y otro con agua tibia a 60 °C, proveniente del tanque T12. Luego esta mezcla se hace circular a través de decantadores (D1 y D2) donde se realiza la separación del biodiesel del agua y de los restos de ácido acético. Esta operación se desarrolla a temperatura ambiente y a presión atmosférica. Cada una de estas etapas tiene una duración de 5 horas. El agua de lavado es conducida a una fosa de almacenamiento, previo tratamiento y disposición final.

#### **6.4 Sistema de recuperación de metanol**

El metanol proveniente del reactor contiene restos de glicerol. Para lograr la separación de ambos, se emplea un evaporador (E). El metanol recuperado es transportado por medio de una bomba de vacío e ingresado a este equipo para separar el metanol de la glicerina. Posteriormente el metanol en forma gaseosa ingresa al condensador (C) para ser reingresado nuevamente al tanque T4 de almacenamiento del metanol. En tanto que el glicerol es depositado en un tanque T10 para su posterior disposición final.

#### **6.5 Sistema de lavado y almacenamiento**

Una vez concluido el lavado y la separación en dos etapas, el biodiesel es llevado al depósito de biodiesel (T13) para su distribución.

### **7. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN INICIAL**

Se realizó una estimación de los costos de inversión de la planta de producción de biodiesel a partir de AVUs. El costo de inversión inicial tiene en cuenta los siguientes ítems:

- Inversiones en Activos fijos

Terrenos

Edificios y Ob. Civiles

Instalación Eléctrica

Maquinarias

Montaje de Maquinarias y equipos

Equipos auxiliares

- Rubros Asimilables

Investigación y estudio

Organización de la empresa

Gastos de Administración e Ingeniería

Gastos de puesta en marcha

De acuerdo a esta configuración, el costo de inversión total a la fecha de agosto de 2018 es de \$68.730.800. En este ítem no se tuvo en cuenta capital de trabajo ni los ingresos y costos operativos por año.

### **8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

La producción de biodiesel a partir de AVUs en la ciudad de Salta, se encuentra destinada específicamente al corte de combustible destinado al transporte urbano e interurbano de pasajeros del área metropolitana de la Ciudad de Salta.

La planta de producción de biodiesel propuesta, se encuentra dimensionada en función de la disponibilidad de AVUs, pudiéndose ampliar la producción para un corte del 5% con la flota actual de transporte que se cuenta. Esto último implica realizar cambios en la gestión de recolección de AVUs. Es así que se recomienda realizar un Plan que contemple la ampliación de recolección de AVUs en locales gastronómicos y afines, y la incorporación de un programa de recolección per cápita, a través de la creación de puntos verdes. Si se deseara realizar cambios mayores en el corte, debería analizarse la ampliación de la capacidad de la planta actual, o el agregado de nuevos turnos de trabajo.

Se han identificado los siguientes beneficios:



- Ambiental y energético, ya que contribuye al cambio climático (emisiones de gases de efecto invernadero), y al aprovechamiento de residuos que son nuevamente reutilizables.
- Económico, debido al aumento creciente de las tarifas del diesel, que se trasladan a los usuarios finales (pasajeros)
- Legislativo, ya que la gestión de la producción, distribución y comercialización del biodiesel se encuentra regulada, y puede establecerse convenios entre el sector público y privado para su producción, mezcla, distribución y comercialización. Sin embargo actualmente no se aplica la Ley de Corte

En lo que se refiere a la inversión inicial, los proyectos energéticos requieren de una alta inversión inicial, que se vería compensada por los beneficios ambientales y energéticos antes expuestos.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abularach Asbún, E., Amurrio Derpic, D., 2010. Obtención de biodiesel a partir de aceite desechado de frituras. Acta Nova 4, 514–534. Bolivia
- [2] Burín, M., Rodríguez, G., Ribeiro, M., 2010. Plantas de biodiesel de aceite vegetal usado Condiciones técnicas para la aprobación INTI de plantas discontinuas para autoconsumo. Ministerio de Industria, Secretaría de Industria y Comercio, Buenos Aires, Argentina.
- [3] Castro, P., Coello, J., Castillo, L., 2007. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Soluciones Prácticas. Perú
- [4] Castillo, Silvana, Castillo, Susana, Villanueva, Bárbara, Sola Alsina, Héctor. Producción de biodiesel a partir de aceites vegetales usados a escala de laboratorio en la Universidad Nacional de Salta. Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. 13 y 14 de setiembre de 2018. Santiago del Estero, Argentina.
- [5] El Intransigente, 2015. En Salta se generan cerca de 600 mil litros de aceite vegetal usado Disponible en: <https://www.elintransigente.com/salta/municipalidad-ciudad/2015/1/26/salta-generan-cerca-litros-aceite-vegetal-usado-291084.html>
- [6] Huerga, Ignacio Roberto; Carrizo, Adolfo S.; Brizuela, Gastón; Querini, Carlos Alberto; Producción de biodiesel con aceite de Jatropha curcas: selección del proceso óptimo; Asociación Argentina de Grasas y Aceites; A&G; 2; 91; 6-2013; 260-266, Argentina
- [7] Lamoureux, J.H., 2007. Tesis de grado: Diseño conceptual de una planta de biodiesel. Santiago, Chile
- [8] Lizana, 2008. Antecedentes generales sobre Biodiésel. Chile
- [9] Van Gerpen, J., 2005. Biodiesel processing and production. Fuel Process. Technol. 86, 1097–1107. USA
- [10] Wang, Y., Ou, S., Liu, P., Zhang, Z., 2007. Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process. Energy Convers. Manag. 48, 184–188. China
- [11] Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D.D.L., Kates, M., 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. Bioresour. Technol. 89, 1–16. Canadá

# Lineamientos para la Planificación Energética: Estructura sistémica para el Ahorro y Eficiencia

Viel, Jorge<sup>1</sup>; Nicolás Ariel<sup>1</sup>; Juárez Castelló, Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de la Rioja, ITIDI - Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Industrial - Av. Luis M. de la Fuente S/N, La Rioja CP 5300, Argentina.

[itidi@unlar.edu.ar](mailto:itidi@unlar.edu.ar) - [jviel@unlar.edu.ar](mailto:jviel@unlar.edu.ar) - [anicolas@unlar.edu.ar](mailto:anicolas@unlar.edu.ar)

<sup>2</sup> Universidad de la Rioja, Departamento de Ingeniería Mecánica – E.T.S. de Ingeniería Industrial de Logroño - Luis de Ulloa 20 CP 26004, La Rioja, España

[manuel.juarez@unirioja.es](mailto:manuel.juarez@unirioja.es)

## RESUMEN

A fin de colaborar con una estructura sistémica de Planificación, tendiente a generar futuros planes, tanto energéticos como de eficiencia energética, en los distintos ámbitos y organizaciones pública vinculadas a la gestión de la energía, el presente trabajo propone un modelo a considerar. El mismo está basado en herramientas habituales de Planificación Estratégica (PE), y las particularidades que a criterio corresponden considerar, en cada caso, en los ámbitos públicos responsables de la gestión de la energía.

Si bien existen diversidad de bibliografía, modelos y criterios relacionados a planificación en general, y a la planificación estratégica en particular, el presente trabajo considera como base el modelo propuesto por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), órgano de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) a cargo de la coordinación de las actividades de capacitación de los funcionarios públicos de la región en temáticas relacionadas con la planificación para el desarrollo, y que denomina "Manual para Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público". A fin de colaborar con una estructura sistémica de Planificación, tendiente a generar futuros planes, tanto energéticos como de eficiencia energética, en los distintos ámbitos y organizaciones pública vinculadas a la gestión de la energía, a continuación se propone un modelo a considerar.

De esta manera se pretende vincular, y también considerar, que los conceptos relacionados a la Planificación Estratégica pueden ser extensivos al desarrollo de futuros Planes Estratégicos para el Ahorro y la Eficiencia Energética, de nuestro país, y de las diferentes áreas de gestión de la energía, que existen en la estructura gubernamental, tanto a nivel nacional como provincial (Ministerios, Secretarías, Direcciones, etc.).

**Palabras Claves:** Ingeniería Industrial – Planificación – Estratégica – Energía - Eficiencia

## ABSTRACT

In order to collaborate with a systemic structure of Planning, spread to generate future plans, so much energy as of energy efficiency, in the different environments and public organizations linked to the management of the energy, the present work proposes a model to consider. The same one this based on habitual tools of Strategic (PE) Planning, and the particularities that correspond to consider to approach, in each case, in the public environments responsible for the management of the energy.

Although bibliography diversity, models and approaches related to planning exist in general, and to the strategic planning the present work considers in particular, like base the pattern proposed by the Latin American Institute and of Caribbean of Economic and Social (ILPES) Planning, organ of the Economic Commission for Latin America and Caribbean (ECLAC) in charge of the coordination of the activities of the public officials' of the region qualification in thematic related with the planning for the development, and that it denominates "Manual for Strategic Planning and Indicators of Acting in the Public sector." In order to collaborate with a systemic structure of Planning, spread to generate future plans, so much energy as of energy efficiency, in the different environments and public organizations linked to the management of the energy, next a model intends to consider.

This way it is sought to link, and also to consider that the concepts related to the Strategic Planning can be extensive to the development of Strategic future Plans for the Saving and the Energy Efficiency, of our country, and of the different areas of management of the energy that exist in the government structure, so much at national level as provincial (Ministries, Secretaries, Addresses, etc.).

## 1. INTRODUCCIÓN

La Planificación Estratégica (PE), es una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al quehacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro para adecuarse a los cambios, o a las demandas que les impone el entorno, y lograr la mayor eficiencia, eficacia, y calidad en los bienes y servicios que se proveen. Consiste en un ejercicio de formulación y establecimiento de objetivos de carácter prioritario, cuya característica principal es el establecimiento de los cursos de acción (estrategias) tendientes a alcanzar dichos objetivos. Desde esta perspectiva, se considera es una herramienta clave para la toma de decisiones de cualquier tipo de organización, incluidas las instituciones públicas y órganos de gestión de gobierno.

A partir de un diagnóstico de la situación actual y la definición del marco normativo e institucional, la planificación estratégica establece cuales son las acciones que se tomarán para llegar a un futuro deseado, el cual puede estar referido al mediano o largo plazo. La definición de los objetivos estratégicos, los indicadores y las metas, permiten establecer el marco para la elaboración de la planificación a corto plazo, o programación operativa, que luego será la base para la formulación del proyecto de presupuesto.

Las características centrales de la gestión orientada a resultados son:

- Identificación de objetivos, indicadores y metas que permitan evaluar los resultados.
- Identificación de niveles concretos de responsables del logro de las metas.
- Establecimiento de sistemas de control de gestión internos donde quedan definidas las responsabilidades para el cumplimiento de las metas en toda la organización, así como también los procesos de retroalimentación para la toma de decisiones.
- Vinculación del presupuesto institucional al cumplimiento de objetivos.
- Determinación de incentivos, flexibilidad y autonomía en la gestión de acuerdo a compromisos de desempeño.

La planificación estratégica es un proceso que antecede al control de gestión, el cual permite hacer el seguimiento de los objetivos establecidos para el cumplimiento de la misión.

La planificación estratégica es un proceso continuo que requiere constante retroalimentación acerca de cómo están funcionando las estrategias. En el sector privado, las organizaciones tienen señales de su desempeño a través de indicadores claros, tales como las utilidades, los retornos sobre la inversión, las ventas, etc. Los indicadores entregan información valiosa para la toma de decisiones respecto del curso de las estrategias, validándolas o bien mostrando la necesidad de efectuar un ajuste. En las organizaciones públicas, las señales no son tan claras, y el diseño de indicadores que permitan monitorear el curso de las estrategias, es un desafío permanente.

En el marco de las actividades de planificación de las organizaciones es necesario distinguir entre la planificación estratégica y la planificación operativa. Aun cuando ambas tratan de determinar los mejores cursos de acción, la primera se refiere al largo y mediano plazo y la segunda se relaciona con el corto plazo.

Cuando hablamos de planificación estratégica nos estamos refiriendo a las grandes decisiones, al establecimiento de los Objetivos Estratégicos que permiten materializar la Misión y la Visión. Por lo tanto es la base, o marco, para el establecimiento de mecanismos de seguimiento y evaluación de dichos objetivos, es decir, el control de la gestión no se puede realizar sin un proceso previo de planificación estratégica.

Cuando hablamos de planificación operativa nos estamos refiriendo a la determinación de las metas de corto plazo, las cuales permiten hacer operativas las estrategias. A partir de esto es posible realizar la programación de las actividades y la estimación del presupuesto que se requiere para llevarlas a cabo. La planificación operativa tiene que ver con la generación de metas y compromisos internos que son parte de la programación para lograr los productos en la cantidad, en el tiempo necesario y con los recursos disponibles [1].

## 2. COMPONENTES DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

Las metodologías para desarrollar procesos de planificación estratégica son variadas y encontramos en la literatura diversos enfoques [2,3,4,5]. Desde el punto de vista de las organizaciones públicas, no existe en general un modelo a seguir y encontramos esquemas metodológicos que tienen mayor o menor complejidad. A diferencia de la programación operativa y el presupuesto, la planificación estratégica tiene menor grado de rutinas y protocolos estandarizados.

Es así que tanto el modelo considerado, como otros modelos de planeamiento estratégico en general, consideran los siguientes componentes principales, y aplicables en común a cualquier organización:

- Visión: es una declaración que indica hacia dónde se dirige la organización en el largo plazo, o qué es aquello en lo que pretende convertirse. La visión responde a la pregunta: ¿Qué queremos ser?
- Misión: La misión es una declaración duradera del objeto, propósito o razón de ser de la organización. Responde a la pregunta: ¿Cuál es nuestra razón de ser?
- Por otro lado, están los Valores que son cualidades positivas que posee una organización, tales como la búsqueda de la excelencia, el desarrollo de la comunidad, el desarrollo de los empleados, etc. Tanto la misión como los valores le dan identidad a la organización.
- Diagnóstico Estratégico: es la composición de la situación, o estado, de la organización, a partir del análisis externo e interno de la misma.
  - ✓ Análisis externo ¿dónde estamos?: El análisis externo consiste en detectar y evaluar acontecimiento y tendencias que sucedan en el entorno de la organización, con el fin de conocer la situación de los escenarios posibles, y detectar las oportunidades y amenazas del entorno en el que se desarrolla la organización.
  - ✓ Análisis interno ¿cómo estamos? El análisis interno consiste en el estudio de los diferentes aspectos o elementos que puedan existir dentro de la organización, con el fin de conocer el estado o la capacidad con que ésta cuenta, y detectar sus fortalezas y debilidades. Para el análisis interno se evalúan los recursos que posee una organización, ya sean financieros, humanos, materiales, tecnológicos, etc.
- Objetivos Estratégicos: estos se refieren a los objetivos que definen el rumbo de la organización, los cuales siempre son de largo plazo. Una vez realizado los análisis externos e internos de la empresa, se procede a establecer los objetivos que se espera permitirán lograr la Misión ¿Dónde queremos ir, que resultado queremos lograr?
- Definición de Estrategias: una vez que se han establecido los objetivos, se procede a diseñar, evaluar y seleccionar las estrategias. O sea, los cursos de acción que permitirán alcanzar, de la mejor manera posible, dichos objetivos. ¿Cómo llegaremos?
- Indicadores de Control o de desempeño: se encarga principalmente del seguimiento y la evaluación del proceso, para medir y evaluar los logros. Esto también contempla retroalimentar las acciones correctivas que correspondan. Responde a las preguntas ¿Cómo funcionamos? ¿Cómo medimos el desempeño logrado?

### 3. REQUISITOS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA (PE) EN EL ÁMBITO PÚBLICO

Otro aspecto que se considera resaltar del modelo propuesto por el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) en su manual [6], son los requisitos que considera necesarios para la aplicación de la Planificación Estratégica en el ámbito público. Es así que, del documento referido, se destacan los siguientes requisitos y consideración:

- Definir los responsables de los Programas, áreas o divisiones que tienen a cargo la producción de los bienes y servicios: asumir un proceso de planificación estratégica, implica tomar decisiones respecto de cursos alternativos de acción con los recursos presupuestarios. Por esto mismo es fundamental el involucramiento de los directivos de los programas, y su coordinación con las áreas de planificación y presupuesto de las entidades. Finalmente los directivos a cargo de los programas deben tener la facultad de incidir sobre los aspectos que determinan la efectividad de la gestión.
- El proceso de planificación estratégica debe ser la base para la definición de los planes operativos y la programación presupuestaria: las metas y las líneas de acción de corto plazo deben estar alineadas con las definiciones estratégicas. Este alineamiento debe permitir la identificación de los aspectos financieros y operativos para materializar el presupuesto. Si bien la planificación estratégica debe permitir la revisión de la Misión, Objetivos Estratégicos, ésta debe orientarse a fines muy instrumentales, a partir de planes operativos, que facilite su uso para determinar la asignación presupuestaria más favorable para la contribución al resultado deseado. La metodología que se utilice debe permitir su aplicación anual, en el marco del proceso presupuestario, por lo tanto no debe ser compleja.
- La PE debe permitir la definición de los resultados esperados de la gestión anual: el énfasis debe estar enfocado en lo esperamos lograr en un plazo determinado, para que nuestros productos sean provistos de forma eficiente, eficaz, y de calidad. La metodología de PE debe permitirnos la identificación adecuada de los objetivos estratégicos. Por lo tanto si los objetivos que se identifiquen son irrelevantes desde el punto de vista de lo sustantivo del quehacer institucional, o son poco desafiantes respecto de las mejoras institucionales y/o del programa, los indicadores que permitirán monitorear y evaluar el desempeño también serán débiles.
- Para saber si hemos cumplido con los objetivos propuestos es necesario que la PE sea la antesala del control de la gestión: así como se define un proceso de PE anual, debe

establecerse un sistema de control de gestión que permita registrar los objetivos, metas e indicadores a lo largo de toda la organización, para establecer el monitoreo y evaluación posterior. Esto implica abordar un requisito clave, asociado a la pregunta ¿Cómo sabemos si estamos logrando los resultados? Establecer los indicadores como fase final de la PE, implica definir cuáles son Indicadores Estratégicos y cuáles serán parte de los Indicadores Operativos del control de actividades necesarias para la implantación de los planes, proyectos, etc.

#### 4. LOS PLANES DE ACCION

Otra de las fases importante de la Planificación son los Planes de Acción. Si bien el modelo tomado como referencia da cuenta de que son de carácter operativo, es necesario aclarar que existen otras teorías que en la fase para pasar de lo estratégico (largo plazo), a lo operativo (corto plazo), incluye un nivel intermedio de planeamiento denominado Táctico (mediano plazo).

En general, se considera que las estrategias son el camino para el cumplimiento de los objetivos propuestos, las tácticas en consecuencia son el camino hacia el cumplimiento de las estrategias, y la fase operativa describe detalladamente la manera en que se prevé desarrollar las tácticas definidas. Es por ello que los planes de acción podemos considerar que están compuesto por los Planes Tácticos y los Planes Operativos.

Además de la diferencia del alcance temporal de cada una de las fases señaladas, también se resalta que los Objetivos Estratégico, definidos dentro de la fase estratégica del planeamiento, se refieren a toda la organización ya que definirán el rumbo de la misma; los Planes Tácticos/Operativos son formulados por las diferentes áreas, divisiones o sectores de la organización, en pos de contribuir al objetivo estratégico que corresponda. Por ello también se considera que, desde un punto jerárquico de la planeación, son planes de los niveles medios de la organización. Otra característica del planeamiento táctico es que consideran detalladamente la cuantificación de los recursos necesarios, tanto a nivel humano, como técnicos y financieros, los cuales luego contribuirán a la formulación del correspondiente presupuesto.

De esta manera podemos señalar las siguientes consideraciones como características del Planeamiento Táctico, o diferencias con la estrategia:

- Involucra la definición detallada, para la implementación de las estrategias.
- Las estrategias son el camino hacia los objetivos y las tácticas son el camino a las estrategias.
- Las tácticas son instrumentos de direccionamiento específico, las estrategias de carácter general
- Cada estrategia puede dar lugar a numerosas tácticas
- Las tácticas son extensivas en su detalle, pero limitadas en cuanto a las actividades específicas que alcanzan.
- Las tácticas son analítica no intuitiva.
- Definen metas y plazos de tiempo concretos para el cumplimiento de las mismas.
- Asignación de responsables según las áreas de gestión de organización.
- Indicadores de control vinculados a monitorear el cumplimiento de los objetivos.

Por último, decimos que el Planeamiento Operativo es la definición detallada de los recursos y el cronograma, necesarios para llevar a cabo los planes Tácticos, y de esta manera alcanzar las metas inmediatas o resultados específicos. Se realizan en los niveles operacionales de la organización y constituye el instrumento que permite programar todas las acciones necesarias en el plazo establecido, delimitando responsabilidades, y asignando hasta un nivel de detalle adecuado a las necesidades propias del proyecto o plan considerado.

Como características del Planeamiento operativo podemos citar:

- Tener claridad en las acciones necesarias para lograr cada resultado esperado
- Establecer un cronograma de trabajo.
- Determinar la prioridad de cada actividad planificada.
- Asignar responsabilidades, tomar en cuenta la idoneidad del personal y definir concretamente sus actividades.
- Determinar posteriormente las necesidades materiales y de equipamiento, así como de recursos financieros.
- Determinar los recursos humanos que necesitará el plan para su ejecución.
- Establecer parámetros para medir los adelantos y resultados logrados por implementación del cronograma
- Medidas de control de gestión durante el seguimiento y evaluación.

## 5. INDICADORES DE DESEMPEÑO

En el ámbito de la medición del sector público un Indicador de Desempeño puede ser definido como una herramienta que entrega información cuantitativa respecto del desempeño (gestión o resultados) en la entrega de productos (bienes o servicios) generados por la entidad, cubriendo aspectos cuantitativos o cualitativos.

Siguiendo los conceptos considerados por la teoría tomada como referencia, resaltamos algunos de los elementos que destaca no debemos olvidar respecto de las características de los indicadores [6,7,8]:

- Los indicadores son factores medibles, y la idea es que midan aspectos de resultados claves para la toma de decisiones. Los indicadores identifican lo que será medido, no cuánto ni en qué dirección. Las metas asociadas a esos indicadores nos representan lo que esperamos obtener como desempeño.
- Para que los indicadores tengan utilidad en la entrega de información sobre desempeño, idealmente deben ser factores que se puedan medir de forma continua.
- Es importante considerar que el indicador por sí solo no permite la evaluación, solo permite demostrar el comportamiento de una variable sujeto de medición contra ciertos referentes comparativos.
- De ahí la importancia de identificar contra que serán comparados los indicadores.

Al igual que algunos conceptos introducidos, al modelo de teoría considerado como base en lo que refiere a planificación, a continuación se refieren otros conceptos, definiciones o características relacionadas a los Indicadores de Desempeño que se consideran importantes.

Los indicadores de desempeño también pueden identificarse como indicadores de Control, o como fase de Control, que en términos generales es la responsable de monitorear que el sistema, o el proceso de planificación, funcione de la manera esperada. Es un proceso de carácter permanente, dirigido a la medición y valoración de cualquier actividad o prestación, sobre la base de criterios y puntos de referencia fijados, y a la corrección de las posibles desviaciones que se produzcan respecto a tales objetivos de referencia.

También puede ser definida como:

El Control es la función administrativa necesaria que permitirá monitorear, evaluar, medir y asegurar que el sistema de producción marche en el rumbo correcto, produzca los resultados esperados y consiga los objetivos propuestos.

Se puede identificar como siguientes principios básicos:

- Cotejar lo ejecutado con lo planeado
- Valorización de las cantidades y desvíos
- Control por asignación de responsabilidades
- Precisión en la información
- Oportunidad de la información
- Empleo de bases de datos y herramientas informáticas
- Integración de los sistemas de control
- Diseño a la medida de los requerimientos de la organización
- Uso de la información para tomar decisiones y definir acciones
- El exceso de información es tan malo como la carencia de la misma
- Ilustrar los informes con gráficos que permitan una rápida lectura

***Lo que no se puede medir, no se puede controlar; lo que no se puede controlar, no se puede administrar (gestionar); y si no se puede administrar, difícilmente se lograrán los objetivos establecidos.***

Un punto fundamental son los Indicadores de Control, los cuales son un punto de referencia que juega un papel descriptivo (estado y evolución de), o un papel evaluativo (apreciación de una acción sobre). Los indicadores muestran, señalan o cuantifican el grado en que las actividades de un proceso logran un fin preestablecido.

Sus características principales son:

- Deben ser factores medibles, y sobre lo cuales se puedan fijar objetivos.
- Pueden ser de los siguientes tipos o combinaciones de los mismos: números precisos, porcentajes, logros importantes, factores de servicio, problemas a solucionar, e indicadores indirectos.
- Pueden ser de entrada, proceso o salida. También pasados o futuros
- Deben identificar específicamente lo que se medirá.

- Deben representar factores que puedan relevarse de manera continua.
- El costo de la identificación y control no debe superar el valor de la información obtenida.

El ISPEL identifica en su manual diez pasos básicos para la construcción de indicadores:

1. Establecer las definiciones estratégicas como referente para la medición
2. Establecer las áreas de desempeño relevantes a medir
3. Formular el indicador para medir el producto, u objetivo, y describir la fórmula de cálculo.
4. Validar los indicadores aplicando criterios técnicos
5. Recopilar los datos
6. Establecer las metas, o el valor deseado del indicador, y la periodicidad de la medición
7. Señalar la fuente de los datos
8. Establecer supuestos
9. Evaluar: establecer referentes comparativos y establecer juicios
10. Comunicar e Informar el desempeño logrado

## **6. PROPUESTA DE MODELO PARA LA PLANIFICACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS**

Si bien la teoría utilizada como referencia en los puntos anteriores se extiende, en cada uno de los puntos citados en el presente trabajo, se aclara que la reseña hasta acá realizada solo pretende mostrar los criterios generales considerados en la Planificación Estratégica, como también las consideraciones en particular para cada uno de los elementos básicos de las mismas, y no ser un trabajo específico sobre PE.

De esta manera se pretende vincular, y también considerar que los conceptos relacionados a la Planificación Estratégica pueden ser extensivos al desarrollo de futuros Planes Estratégicos para el Ahorro y la Eficiencia Energética, de la República Argentina, de la provincia de La Rioja, y también de las diferentes áreas de gestión de la energía, que existen en la estructura gubernamental de nuestra país y provincias, y que a lo largo del trabajo se mencionan sus vinculaciones con los sectores de energía considerados (Ministerios, Secretarías, Direcciones, etc.).

También se reitera que si bien nuestro país realizó una serie de iniciativas tendientes a la Eficiencia Energética, actualmente no se conoce públicamente la existencia de una Plan Estratégico en tal sentido. Solo se puede citar, la existencia de un Plan Energético Nacional 2004-2019, publicado por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios [9]. Del análisis de mismo, tampoco se puede observar una estructura de planeamiento estratégico, como la que se considera en los puntos anteriores, sino solo se observa una reseña de las obras realizadas en el área de energía durante el período de gobierno considerado, como también una serie de datos generales que denotan los avances concretados en cada una de los sectores energéticos incluidos en la publicación. En su introducción, solo aclara que cada una de las iniciativas incluidas en el Plan Energético, forma parte de una planificación mucho más amplia que se denomina Plan Estratégico Territorial.

Tampoco en nuestra Provincia de la Rioja se conoce una Planificación Estratégica relacionada a la Energía, o tendiente a la Eficiencia de la misma. Al igual que a nivel nacional, se relevan algunas acciones aisladas o manifestaciones políticas, pero no instrumentos de planificación y direccionamiento específico hacia la Eficiencia Energética.

En función de lo señalado, y la teoría desarrollada en el presente apartado, a continuación se desarrolla lo que se considera podría ser una base metodológica a tener en cuenta para futuros planes estratégicos, tanto de Energía, como de la gestión de Ahorro y Eficiencia de la misma.

En el esquema que se presenta a continuación, se sintetiza los puntos principales que se considera debería ser contemplado como base para una Planificación Estratégica de Eficiencia Energética sustentable y sostenible en el tiempo [1].

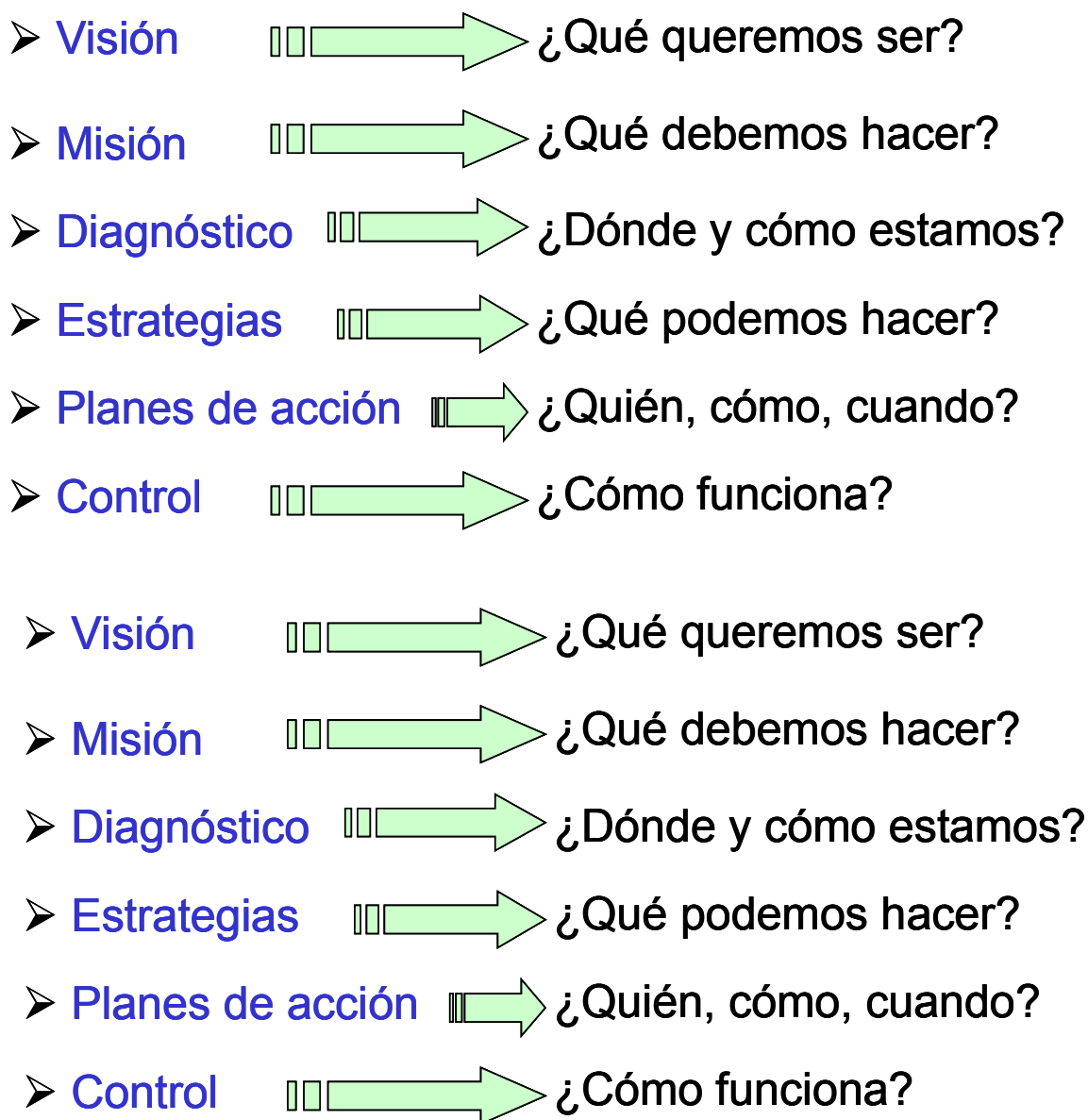


Figura 1 - Modelo para la Planificación de Recursos Energéticos

- Visión y Misión: como ya se mencionó, tanto la Visión como la Misión, junto al Marco Normativo, en este caso gubernamental del nivel que se realiza la Planificación, deberían ser el rumbo de los cursos de acción a desarrollar a futuro. Si no se establece un Marco claro de la planificación a realizar, se considera imposible desarrollar los puntos siguientes de la misma. También es importante que esta etapa no sea una mera expresión de deseo, sino un establecimiento claro, reflexivo y crítico de lo que la organización, producto de la planificación, desea ser y debe hacer para lograrlo.
- Diagnóstico: en función del Marco Normativo y de definir claramente la Visión ¿qué queremos ser? y Misión ¿qué debemos hacer?, es muy importante una análisis de las situación del contexto (externo) y de las recursos y carencias (interno) de la organización, a fin de poder establecer de manera más realista los Objetivos a cumplir y las Estrategias a implementar, para lograr en el plazo considerado las metas establecidas. No realizar un diagnóstico, como realizarlo de manera incorrecta, se considera tal vez en punto más crítico para el cumplimiento de los objetivos. De nada sirve diseñar estrategias y planes de acción a partir de un análisis incorrecto de la situación. Esto no solo no contribuye a mejorar la situación objetivo, si no que conlleva al mal uso de los recursos disponibles.
- Estrategias: a partir de establecer una Visión y Misión claras, y realizar correcto un Diagnóstico, podemos definir los Objetivos Estratégicos y establecer las Estrategias adecuadas para mejorar situaciones, revertir estados desfavorables o mantener situación



positivas, que suponemos al cabo del tiempo establecido nos permitirán alcanzar la situación objetivo deseada.

- Planes de Acción: son los que deben establecer de manera concreta la forma en que se materializarán las estrategias que se definan. Como ya se mencionó anteriormente, los planes de acción (tácticos y operativos) son el camino para el cumplimiento de las estrategias. Es por ello que deben establecer claramente las acciones a desarrollar, los responsables del desarrollo de las mismas, los tiempos para la implementación y los recursos (humanos, técnicos y económicos) necesarios para el cumplimiento de las metas que se fijen en cada plan.
- Control: otra de las funciones que se consideran crítica. Así como se señaló que un mal diagnóstico podría llevar a estrategias y planes acción erróneos, también la falta de un Sistema de Control Gestión adecuado se considera atenta contra el adecuado desarrollo de la planificación. La fase de control está presente en cualquier proceso administrativo, ya que justamente es la que permite retroalimentar el sistema y evaluar el funcionamiento del mismo. Si no podemos medir los resultados, no podemos saber si las estrategias, planes o acciones definidos tuvieron los efectos esperados; si la situación identificada en diagnóstico inicial ha cambiado; si los objetivos establecidos se han cumplido; si la asignación de recursos destinados está en función al presupuesto asignado, entre otras evaluaciones necesarias para establecer si la planificación realizada es adecuada, o necesita ser redefinida. Es por ello que debe realizarse en todos los niveles de la organización (jerárquico, intermedio y operativo). Si cumplimos a nivel Operativo, estaremos contribuyendo a cumplir el Táctico. Si cumplimos con los Planes de Acción, estaremos aportando para el cumplimiento de los Objetivos Estratégicos. Si las Estrategias se desarrollan según lo esperado, seguramente en el plazo establecido podremos alcanzar la Visión deseada en la Planificación.

De lo hasta acá desarrollado, podemos concluir que no es muy compleja la implementación de un esquema de Planificación Estratégica como el que se propone. También consideramos como obvio y necesario la idea de trabajar en la Eficiencia Energética a fin de generar beneficios, ya que es más conveniente pensar en cómo utilizar menos y mejor la energía, que resolver los problemas de cubrir las necesidades de la misma. Entonces ¿Por qué no visualizamos claramente antecedentes en nuestro País que evidencien una planificación clara y consistente en el tema?

A fin de contribuir a responder esta pregunta, a continuación se refiere algunas de las consideraciones señaladas en el estudio publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en su manual "Gobernanza de la Eficiencia Energética" [10]. Este estudio señala que fue realizado mediante encuestas a más de 500 expertos en eficiencia energética de 110 países; entrevistas de seguimiento a más de 120 expertos en 27 países, además de amplias consultas documentales de bibliografía especializada. Es por ello que se considera importante introducir, al presente trabajo, algunas de las conclusiones realizadas en dicho estudio.

Entre los puntos que se resalta en el estudio, y a fin de contribuir a responder la pregunta realizada en el párrafo anterior, el trabajo referido desataca lo que denomina "Barreras para la Eficiencia Energética". Entre las mismas señalan:

#### Barreras del Mercado:

- ✓ Las distorsiones de las organizaciones y precios del mercado impiden a los consumidores darse cuenta del verdadero valor de la eficiencia energética.
- ✓ Se crean problemas de incentivos divididos cuando los inversionistas no pueden captar los beneficios de una mayor eficiencia.
- ✓ Costos de transacción: los costos de desarrollo de proyectos son elevados en relación con el valor de los ahorros de energía

#### Barreras Financieras:

- ✓ Los costos iniciales y la dispersión de los beneficios desalientan a los inversionistas.
- ✓ Percepción de que las inversiones en eficiencia energética son complicadas y riesgosas, con altos costos de transacción.
- ✓ Falta de concientización sobre los beneficios financieros por parte de las instituciones de financiamiento.

#### Barreras de Información y Concientización:

- ✓ Falta de información y comprensión suficientes, por parte de los consumidores, para tomar decisiones racionales sobre consumo e inversión.

### Barreras Regulatorias e Institucionales:

- ✓ Las tarifas eléctricas desalientan las inversiones en eficiencia energética
- ✓ Las estructuras de incentivos alientan a los proveedores a vender energía en lugar de invertir en eficiencia energética que es costo-eficiente.
- ✓ Sesgo institucional hacia las inversiones por el lado de la oferta.

### Barreras Técnicas:

- ✓ Falta de tecnologías de eficiencia energética adecuadas a las condiciones locales.
- ✓ Capacidad insuficiente para identificar, desarrollar, realizar y mantener inversiones en eficiencia energética.

El mismo documento da cuenta de una serie de políticas tendientes a superar las barreras mencionadas, entre las que señala:

- Tarifas variables en las que altos niveles de consumo generan precios unitarios más altos.
- Actividades obligatorias, como auditorías y administración de la energía.
- Normas mínimas de eficiencia energética.
- Metas de reducción de consumo de energía.
- Obligaciones de las empresas privadas de invertir en eficiencia energética
- Donaciones, subsidios e incentivos fiscales para invertir.
- Adquisición directa de bienes y servicios.
- Campañas de información pública y promociones.
- Inclusión de la eficiencia energética en los planes de estudio de las escuelas.
- Etiquetas en electrodomésticos y certificación de edificios.
- Creación de compañías de servicios energéticos.
- Programas de capacitación.
- Desarrollo de una industria de eficiencia energética.
- Fondos para inversiones en eficiencia energética.
- Servicios de preparación de proyectos.
- Servicios de financiamiento contingente.

Otro punto para resaltar del documento, es a lo que refiere como “Marco Propicio”, para la Eficiencia Energética. Allí señala tres apartados principales:

- Leyes y Decretos sobre eficiencia energética
- Estrategias y planes de acción
- Financiamiento de Programas

En cada uno de los mismos hace referencia a consideraciones importantes a tener en cuenta. A fin de identificar las principales, se señala:

### Leyes y Decretos sobre Eficiencia Energética - Elementos básicos para una legislación efectiva de EE:

- ✓ Explicar el propósito y la intención de la política de eficiencia energética
- ✓ Incluir metas u objetivos cuantitativos con un plazo para alcanzarlos
- ✓ Justificar la intervención del gobierno
- ✓ Asignar responsabilidades para la planificación y la ejecución
- ✓ Proporcionar financiamiento y recursos
- ✓ Fijar mecanismos de supervisión, como seguimiento y notificación de resultados.

### Estrategias y planes de acción: ¿Por qué son importantes?

- ✓ Ubican la política de eficiencia energética dentro del contexto más amplio de políticas.
- ✓ Asignan recursos a toda la gama de políticas posibles de eficiencia energética.
- ✓ Captan sinergias entre políticas.
- ✓ Hacen participar a los interesados directos y crean consenso político.
- ✓ Asignan responsabilidad para la formulación, ejecución y supervisión de políticas

Este punto se complementa con una lista de puntos a considerar en una estrategia de eficiencia energética:

- ✓ Adoptar una visión de alto nivel y a largo plazo, pero complementándola con planes de acción a más corto plazo y más programáticos.
- ✓ Contar con un sólido fundamento analítico.
- ✓ Articular propósitos, metas y objetivos.
- ✓ Incorporar metas cuantitativas con un plazo determinado para alcanzarlas, a largo y a corto plazo.
- ✓ Identificar los factores internos y externos que afectan el éxito.
- ✓ Diseñar una estrategia integral y multisectorial.
- ✓ Asegurar la integración con otros ámbitos de política.
- ✓ Identificar los recursos necesarios para convertir la estrategia en acción.
- ✓ Priorizar sectores consumidores y medidas de política.
- ✓ Identificar acciones y asignar responsabilidades.
- ✓ Contemplar el seguimiento, la actualización y la revisión de los resultados.
- ✓ Facilitar la participación de las partes interesadas y crear consenso político.

#### Financiamiento – Cómo establecer un financiamiento efectivo:

- ✓ Suficiencia: el financiamiento debe ser suficiente para financiar los costos de ejecución de la política.
- ✓ Estabilidad: el financiamiento debe ser estable y predecible de un año a otro.
- ✓ Autonomía: la fuente de financiamiento debe estar bajo el control del órgano ejecutor.
- ✓ Origen: la fuente de financiamiento debe ser creíble y contribuir a las políticas globales de eficiencia energética.
- ✓ Efectos distorsionantes: la fuente de financiamiento no debe crear distorsiones en el mercado ni desplazar otras fuentes.

## **7. CONCLUSIONES**

De esta nueva información introducida al trabajo y a fin de intentar responder a la pregunta ¿Por qué no visualizamos claramente antecedentes en nuestro País que evidencien una planificación clara y consistente en el tema?, podemos concluir que, si bien nuestro País cuenta con un marco legal adecuado, y se desarrollaron una serie de programas e iniciativas tendientes a la Eficiencia Energética, todavía nos falta principalmente desarrollar herramientas de Planificación, en todos sus niveles, que permitan una mejor organización y, sobre todo un Control de Gestión, de las acciones que se desarrollen en el ámbito de la administración energética en general, y de la Eficiencia de la misma en particular.

Es por ello que se considera que la contribución hasta acá realizada por el presente trabajo es de suma importancia ya que, de la teoría de Planeamiento Estratégico, junto a las observaciones realizadas en cada caso en los puntos anteriores, nos lleva a afirmar que sin una correcta planificación es muy difícil administrar eficiente, sistemática y sosteniblemente las estrategias, acciones y recursos necesarios para un correcta gestión de la Eficiencia Energética.

## **8. REFERENCIAS:**

- [1] Viel, Jorge E. "Lineamientos para la Planificación y Eficiencia Energética, Provincia de La Rioja, República Argentina". Tesis doctoral para alcanzar el Título de Doctor por la Universidad de La Rioja, España. Editorial Académica Española, Alemania, 2016.
- [2] Heizer Jay, Render, Barry. "Dirección de la Producción: Decisiones Estratégicas". MC GRAW HILL
- [3] Daniel Martínez Pedros - Artemio Milla Gutiérrez. "Planificación Estratégica, su implementación a través del Cuadro de Mando Integral". Díaz de Santo, 2005 1º EDICION
- [4] George L. Morrissey. "Pensamiento Estratégico: Construyendo sus fundamentos de Planeación" Ed. Prentice Hall Hispanoamérica S.A. 1999
- [5] Juan Gandolfo Gahan. "Los 6 pasos del Planeamiento Estratégico. Aguilar 2005
- [6] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) - "Manual para Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público"
- [7] López González, Luis María (2000). "Energía y desarrollo sostenible". Vigo, España. Nº1. Gallega de Mecanización S.A.L. Pontevedra, España
- [8] ADEME, "Energy Efficiency Indicators: The European Experience" ADEME (The French Environment and Energy Control Agency), Paris, France (1.999).
- Boyle, G. et al. « Renewable Energy. Power for a Sustainable Future". Oxford University Press, Oxford, (1.996).

[http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/3/38453/manual\\_planificacion\\_estragica.pdf](http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/3/38453/manual_planificacion_estragica.pdf)  
[9] Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – Plan  
Energético Nacional 2004-2019 <http://www.minplan.gob.ar/pdf/plane.pdf>  
[10] Banco Interamericano de Desarrollo (BID) – “Gobernanza de la Eficiencia  
Energética”. <https://publications.iadb.org/handle/11319/3341?locale-attribute=es>

# **Estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes**

Leal Naudy \*; Amesty Roque <sup>(1)</sup>

*Facultad de Ingeniería y Tecnología, Universidad San Sebastián  
Dirección postal 8320000, [naudy.leal@uss.cl](mailto:naudy.leal@uss.cl)*

*(1) Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia  
Dirección postal, 4001ramesty@fing.luz.edu.ve*

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como propósito realizar una revisión del estado del arte en materia de cultura de seguridad haciendo énfasis en aquellas investigaciones que abordan aspectos tales como definición de cultura de seguridad, dimensiones y modelos de cultura de seguridad, con la intención de poder formular indicadores que admitan la medición de la cultura de seguridad como variable. No existe un único concepto de cultura de seguridad, sin embargo, esta puede ser entendida como los principios, valores y criterios compartidos por todos los trabajadores de una organización. Existen diferencias en cuanto a las dimensiones de la cultura de seguridad, no obstante, resulta de especial interés estudiar el compromiso de la dirección, la comunicación, las actitudes de los trabajadores y la percepción que estos tengan de los esfuerzos que llevan a cabo las empresas. Los modelos de cultura de seguridad permiten identificar los aspectos claves que deben monitorearse, los cuales varían dependiendo del autor estudiado. A partir de la revisión, se propone como dimensiones de la cultura de seguridad el componente gerencial, componente individual y componente control. Finalmente, se propone una estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad constituida por tres dimensiones, 11 subdimensiones y 30 indicadores.

Palabras clave: cultura de seguridad, modelo de cultura de seguridad.

## **ABSTRACT**

This paper purpose is to review the state of the art in the safety culture field, emphasizing those investigations that address aspects such as safety culture definition, dimensions and safety culture models, with the intention of formulating indicators that allow the safety culture measurement as a variable. There is no a single concept of safety culture, however, this can be understood as the principles, values and criteria shared by all workers in an organization. There are differences in the dimensions of the safety culture, however, it is of special interest to study the commitment of the management, communication, the attitudes of the workers and their perception of the efforts carried out by the companies. The safety culture models allow to identify the key aspects that must be monitored, which vary depending on the author studied. From the investigation, the management component, individual component and control component are proposed as dimensions of the safety culture. Finally, a support structure for the measurement of the safety culture is proposed, consisting of three dimensions, 11 subdimensions and 30 indicators.

Key words: Safety Culture, Safety Culture Model.

## 1. Introducción.

Muchos de los avances obtenidos en el área de la seguridad industrial han sido generados a partir de la ocurrencia de accidentes de gran magnitud. El término cultura de seguridad se introduce por primera vez al estudiar las causas del accidente sucedido en la central nuclear de Chernóbil y fue definida como el régimen de seguridad que debe prevalecer en una planta nuclear, la cual debe ser inculcada en las organizaciones a través de actitudes y prácticas adecuadas de gestión [1]

Existen distintos modelos que intentan explicar los elementos de inicio para la ocurrencia de accidentes; modelos secuenciales, epidemiológicos y sistémicos [2], en todos los casos, el punto iniciador corresponde a fallos en la organización y en los sistemas de gestión de seguridad de las organizaciones, aspectos contenidos en la cultura de seguridad.

La cultura de seguridad laboral contempla los valores, creencias y actitudes en torno a la seguridad y salud compartidos por los trabajadores de una organización. Lo expuesto anteriormente tiene relación directa con la ocurrencia de accidentes y el padecimiento de enfermedades de índole laboral, por lo tanto, resulta de interés estudiar los factores claves o dimensiones que componen la cultura de seguridad, con la intención de generar un modelo que oriente a las organizaciones a dirigir de forma acertada los esfuerzos de minimizar sus accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales.

El presente trabajo tuvo como propósito proponer la estructura de soporte para la medición de la cultura de seguridad para la prevención de accidentes; esto requirió la revisión del estado del arte de investigaciones relacionadas con la cultura de seguridad realizadas desde 1988 hasta 2018, siendo de especial interés aquellas que incluyeran definición de la variable objeto de estudio y modelos de cultura de seguridad propuestos.

## 2. Cultura de Seguridad.

A partir de la revisión documental se detectó que existen similitudes en el concepto de cultura de seguridad expuesto por distintos autores (tabla 1).

*Tabla 1 Concepto de Cultura de Seguridad*

<b>DEFINICIÓN DE CULTURA DE SEGURIDAD</b>
Conjunto de características y actitudes en organizaciones e individuos que establece que, como prioridad esencial, las cuestiones de seguridad de las centrales nucleares reciban la atención que merecen por su importancia [1]
Es el producto de los valores individuales y de grupo, las actitudes, las percepciones, las competencias y los patrones de comportamiento que determinan el compromiso, el estilo y el dominio de gestión de la salud y la seguridad de una organización [3]
Comprende los valores, creencias y principios en los que se basa el sistema de gestión de la seguridad, y la serie de comportamientos y prácticas que ilustran y refuerzan esos principios básicos [4]
Sistema convencional de significados a través del cual un grupo o una población determinados entienden los peligros del mundo. Una cultura de seguridad se crea y se reconstruye a medida que quienes la comparten se comportan de una forma considerada natural, obvia e incuestionable y, al hacerlo así, generan una expresión concreta del riesgo, el peligro y la seguridad [5]
La cultura de seguridad puede ser vista como un subcomponente de la cultura organizacional que alude a características individuales, de trabajo y organizacionales que afectan e influyen la salud y la seguridad [6]
La cultura de la seguridad, además, de ser en sí misma (creencias, actitudes y valores compartidos), también es algo que la organización ha desarrollado: políticas, programas, prácticas y controles diseñados para prevenir los riesgos [7]
La cultura de la seguridad de una organización es el producto de los valores, actitudes, percepciones, competencias y patrones de conducta de individuos y grupos que determinan el compromiso, así como su estilo y habilidad respecto a la salud de la organización y la gestión de la seguridad [8]

Tabla 1 Concepto de Cultura de Seguridad (Continuación)

<b>DEFINICIÓN DE CULTURA DE SEGURIDAD</b>
Conjunto de prácticas, valores y creencias que, siendo apoyadas por todos los niveles que forman la dirección, implican a todos los trabajadores en una dinámica tendente a la eliminación o reducción de los riesgos derivados del trabajo [9]
La cultura de la seguridad de una organización es un proceso evolutivo que avanza desde un estado patológico y de inseguridad hacia un estado generativo y seguro, donde las organizaciones atraviesan distintas etapas [10]
Se refiere al grado en que los individuos y los grupos asumen la responsabilidad personal en relación a la seguridad, de manera que actúen para preservar, mejorar y comunicar inquietudes en esta materia, de igual modo, se esfuercen por aprender activamente, adaptar y modificar su conducta según las lecciones aprendidas de los errores [11]
Conjunto de valores, actitudes, percepciones y patrones de conducta que comparten directivos y empleados en materia de seguridad en una organización, y que determinan el compromiso, responsabilidad y modelo de gestión de la salud y seguridad [12]

La cultura de seguridad también puede ser comprendida como un proceso (Figura 1), desde esta concepción, los insumos o entradas son procesados por la combinación de las expectativas, metas y prácticas gerenciales para transformarlos en la cultura de seguridad [13].

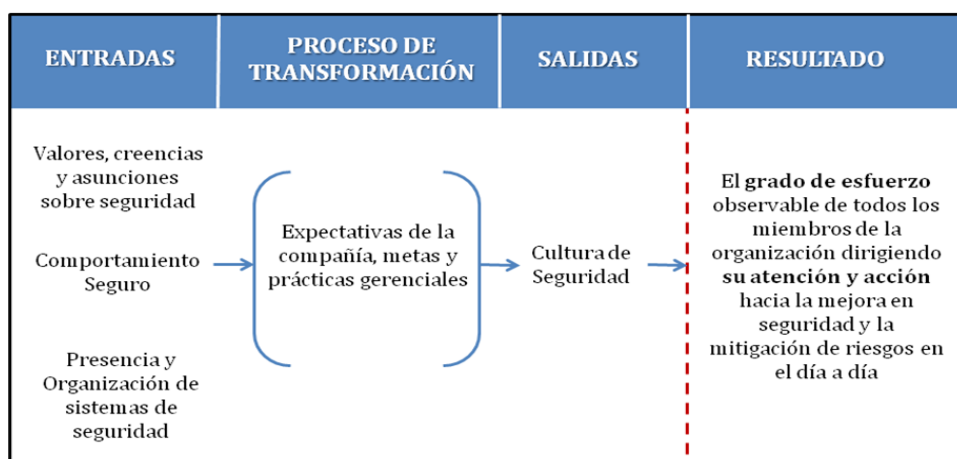


Figura 1. Cultura de Seguridad como Proceso [13]

### 3. Modelos de Cultura de Seguridad.

Tal como se mencionó al inicio, la investigación consistió en la indagación de estudios en los que se presentaran modelos de cultura de seguridad para identificar las dimensiones o factores claves de cada modelo, los resultados de la revisión se muestran en la tabla 2.

Aunque se observaron diferencias entre los elementos considerados en cada modelo, todos tienen la intención de explicar la cultura de seguridad, de manera que pueda llegarse a una comprensión de la realidad de cada organización e implementarse los planes y programas necesarios para la prevención de accidentes y enfermedades de índole ocupacional.

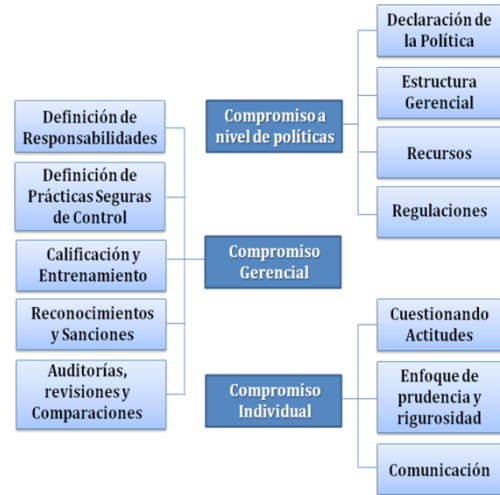
Las diferencias detectadas entre los modelos de cultura están relacionadas al hecho de que no exista un único concepto de cultura de seguridad. Para efectos de la presente investigación, después de detallar los modelos, se destaca como parte importante del modelo el individuo, el componente gerencial con énfasis en el liderazgo y el componente de control.

Tabla 2. Modelos de Cultura de Seguridad

DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
-------------	------------------------

**Grupo Asesor de Seguridad Nuclear [1]**

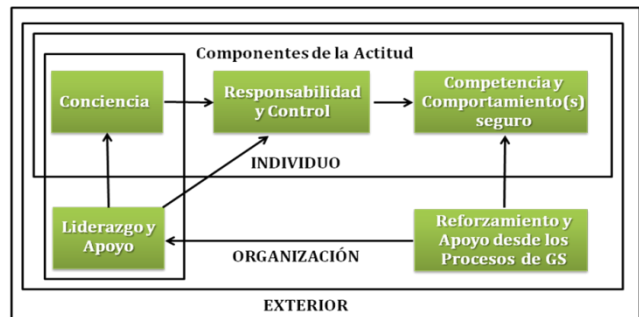
En este modelo, la cultura de seguridad se interpretarán tener dos componentes , un marco adecuado determinado por la política de organización y acción de gestión , y las actitudes del personal en todos los niveles para responder a este marco, colocando un mayor énfasis en los sistemas de gestión y estructura, lo que indica que la organización requiere de un sistema de gestión de la seguridad de auto-regulación , que fija normas de seguridad , implementa estos estándares y supervisa para asegurar su consecución. A nivel individual, el sistema de gestión debe promover la sensibilización del personal, competencia, compromiso y comunicación efectiva. Este modelo también pone énfasis en el papel del sistema de gestión en el desarrollo de una cultura de seguridad eficaz, en lugar de hacer hincapié en el papel de de individuales y las actitudes de grupos de pares.



Adaptación de Grupo Asesor de Seguridad Nuclear (1991)

**Cox y col., citado por, Wright y col. [3]**

El modelo sugiere que las variables organizativas, como la gestión y los objetivos de seguridad, influyen en el ambiente de trabajo y los procesos de grupo, como las condiciones físicas y peligros de evaluación, que a su vez influyen en los precursores individuales en el comportamiento, tales como una responsabilidad individual y se presta la actividad de seguridad. Identifican los administradores y sus acciones y el compromiso como un grupo clave para influir en las actitudes, junto con los sistemas de comunicación de seguridad estructural y los programas de participación de los empleados. No es un simple proceso unidireccional de arriba hacia abajo de la creación de una cultura de la seguridad o el clima.

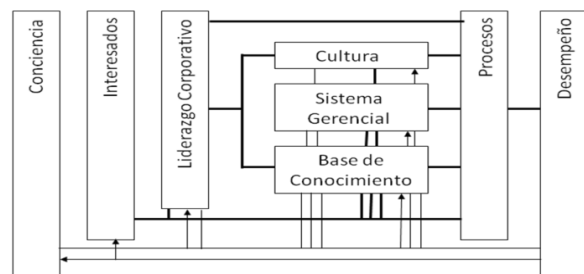


Adaptación de Cox y col., citado por, Wright y col. (1999)

**Dalling, citado por, Wright y col. [3]**

El modelo define seis componentes críticos, estos son:

- Cultura.
- Sistema de Gestión.
- Base de conocimientos.
- Liderazgo empresarial.
- Conciencia (individual y de grupo)
- linteresados.



Adaptación de Dalling, citado por, Wright y col. (1999)

**Cooper [6]**

El modelo presentado por este autor toma como elementos de estudio los aspectos situacionales, de comportamiento y psicológicos, los cuales define de la siguiente manera:

- Aspectos Situacionales: estructura de organización, políticas, procedimientos de trabajo, sistemas gerenciales.
- Comportamientos: actos seguros o actos inseguros).

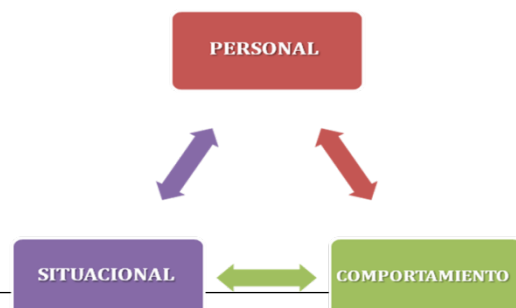




Tabla 2. Modelos de Cultura de Seguridad (Continuación)

DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
<b>Centro Keil [14]</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel 1. Seguridad Emergente: Cumplimiento de la legislación, en este nivel los accidentes se consideran inevitables.</li> <li>• Nivel 2. Gerencia: Desarrollar el compromiso de la dirección.</li> <li>• Nivel 3. Involucramiento: Tomar conciencia de la importancia del personal de primera línea y el desarrollo de la responsabilidad personal.</li> <li>• Nivel 4. Cooperación: Involucrar a todo el personal para desarrollar la cooperación y el compromiso con la mejora de la seguridad.</li> <li>• Nivel 5. Mejora Continua: Desarrollar consistencia y combatir la complacencia.</li> </ul>	
Adaptación del Centro Keil, citado por Fleming (2000)	

#### 4. Dimensiones de Cultura de Seguridad.

Un aspecto de interés de la investigación fue contrastar lo publicado en torno a las dimensiones o elementos claves para estudiar la cultura de seguridad (Tabla 3)

Tabla 3. Dimensiones de Cultura de Seguridad

DIMENSIONES DE CULTURA DE SEGURIDAD
<p>1. Compromiso, 2. Comunicación, 3. Competencia, 4. Percepción del riesgo y actitudes, 5. Expectativas compartidas sobre estándares de desempeño, 6. Mente abierta para el aprendizaje de propias experiencias, así como para notar que la percepción de quienes regulan su propia cultura pueden estar equivocados, 7. Disposición para el aprendizaje a partir de la experiencia, 8. Aplicar la comprensión de forma proactiva y 9. Factores externos. [3]</p>
<p>1. Sistemas de trabajo, procesos y prácticas de los empleados. 2. Gerencia/cultura, liderazgo y prácticas gerenciales. 3. Supervisión. 4. Formación y desarrollo. 5. Comunicación. 6. El trabajo en equipo y colaboración. 7. Participación de los trabajadores. 8. Clima laboral y moral de los empleados. 9. Conocimientos, actitudes y comportamientos. 10. Sistema de ambiente, salud y seguridad: mejora de la eficacia. [7]</p>
<p>1. Aspectos situacionales, 2. Comportamiento y 3. Aspectos Psicológicos [15]</p>
<p>1. Comunicación, 2. Actitud Organizacional, 3. Higiene Seguridad y Ambiente, 4. Comportamiento Organizacional y 5. Comportamiento De Trabajo [16]</p>
<p>1. Compromiso de la dirección y la visibilidad, 2. Comunicación, 3. Productividad versus seguridad, 4. Organización de recursos de aprendizaje, 5. Seguridad, 6. Participación, 7. Percepciones compartidas sobre la seguridad, 8. Confianza, 9. Relaciones industriales y la satisfacción laboral y 10. Capacitación [14]</p>
<p>1. Comunicaciones sobre la seguridad, 2. Perfil de seguridad dentro de la organización, 3. Acceso a la información de seguridad, 4. Participación de la Gerencia en seguridad, 5. Reconocimiento y la apertura en cuanto a cuestiones de seguridad, 6. Control de seguridad, 7. Actitudes hacia la seguridad, 8. Información de seguridad, 9. Aprender de los asuntos de seguridad, 10. Percepciones de desempeño de seguridad, 11. Inversión en seguridad y 12. Otros factores (por ejemplo, preocupación por incidentes menores).[17]</p>
<p>1. Atributos organizacionales positivos, 2. Compromiso de la dirección con la seguridad, 3. Flexibilidad estratégica, 4. Participación e involucramiento, 5. Formación, 6. Comunicación, 7. Refuerzo e incentivos, 8. Propiedad individual y 9. Percepciones individuales.[17]</p>
<p>1. Factores gerenciales y organizacionales, 2. Actividades de habilitación y 3. Factores</p>

Tabla 3. Dimensiones de Cultura de Seguridad (Continuación)

1. Clima de seguridad (actitudes de la dirección hacia la gestión, comportamiento de la dirección y participación de los trabajadores) y 2. Sistema de Gestión de Seguridad (comunicación en materia de prevención, formación sobre riesgos laborales, incentivos a los trabajadores, planificación de la emergencia, planificación preventiva y política de prevención) Modelo de Fernández Montes (2005) c.p. [18]

1. Compromiso, 2. Comunicación, 3. Participación, 4. Confianza, 5. Aprendizaje Organizacional, 6. Relaciones con los jefes, 7. Capacitación y 8. Percepción general. [19]

## 5. Estructura de Soporte para la medición de la cultura de Seguridad

Una vez realizada la revisión documental y considerando la experiencia de los investigadores, se plantearon algunas premisas bajo las cuales se sustenta el modelo de cultura de seguridad y salud en el trabajo:

- Las consideraciones de seguridad y salud en el trabajo (SST) deben estar presentes en todas las fases o etapas de la empresa.
- Para cada etapa se debe identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo de SST (figura 2)
- En virtud de dar cumplimiento a lo expuesto en la premisa anterior, se definen las dimensiones del modelo.
- Se diseñará un instrumento de medición que permita cuantificar la cultura de SST en las empresas, indistintamente de la etapa en la que se encuentre.
- Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados, se establecerá un rango de clasificación de los resultados.
- Establecer una ponderación para cada una de las dimensiones del modelo según su criticidad.

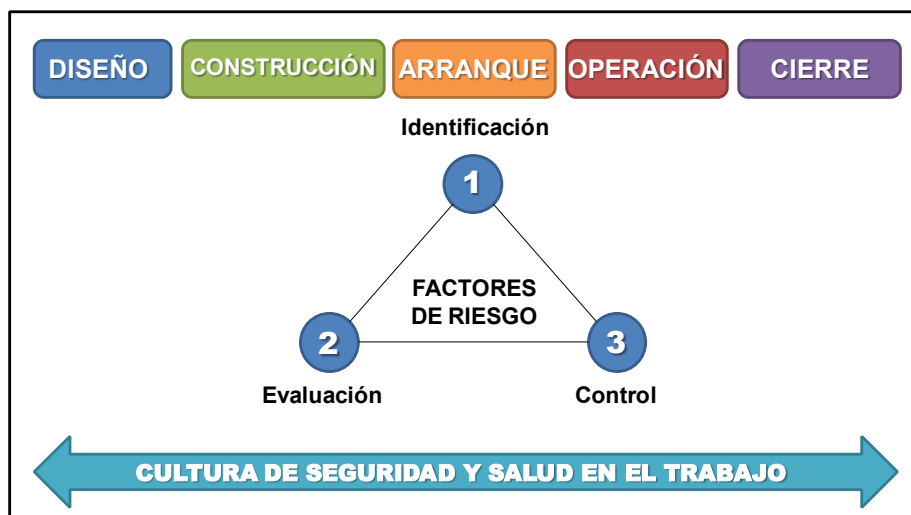


Figura 2. Cultura de Seguridad y Salud de Trabajo

Tomando como referencia la literatura consultada, se parte como estructura de soporte del modelo de cultura de seguridad para la prevención de riesgos laborales, tres dimensiones: componente gerencial, componente individual y componente control. Cada uno se fragmenta a su vez en subdimensiones y estas en indicadores que permitirán la operacionalización de la variable (tabla 4).

Tabla 4. Estructura de soporte del Modelo de Cultura de Seguridad para la Prevención de Riesgos Laborales

	DIMENSIÓN	SU DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>MODELO DE CULTURA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>	Componente gerencial	Liderazgo	Funciones gerenciales Motivación
		Gestión preventiva	Inspección Investigación de Accidentes y Enfermedades
		Evaluación	Monitoreo factores ambientales Monitoreo a la salud de los trabajadores Indicadores de desempeño Indicadores de gestión
		Formación del Personal	Formación técnica Formación en SST
		Asignación de Recursos	Humanos Económicos Tecnológicos
		Componente individual	Involucramiento
		Evaluación de Desempeño	Roles y Responsabilidades Evaluación individual técnica Evaluación Individual en SST
		Comportamiento	Patrones de comportamiento
	Componente control	Barreras de prevención y control	Equipos de Protección Personal Permisos de trabajo Protección contra incendios Prácticas de trabajo seguro
		Estructura Documental de la empresa	Políticas Procedimientos operacionales Instrucciones de trabajo Formatos /registros Otros documentos
		Cumplimiento legal	Auditorías internas Auditorías externas.

## 6. Conclusiones.

Producto de la revisión, se detectó que no existe un consenso o concepto único para definir la cultura de seguridad, sin embargo, se observaron similitudes en torno a la misma. En este sentido, al entender que la cultura de seguridad abarca las políticas y directrices emanadas por la dirección de la organización, es posible comprender que las fallas en la administración generan una cultura de seguridad deficiente.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, existen distintos modelos que pretenden explicar la cultura de seguridad y de qué forma se presenta en la realidad. Producto de la revisión, se definieron como aspectos claves a la cultura de seguridad el componente gerencial, el componente humano y el componente control.

La medición de la cultura de seguridad resulta de relevancia para comprender el desempeño de las organizaciones en este sentido, de allí la importancia de plantear una estructura de soporte que detalle los componentes antes mencionados hasta la categoría de indicadores que puedan ser medidos.

Finalmente, la estructura de soporte del modelo de cultura de seguridad para la prevención de accidentes quedó constituida por 3 dimensiones, 11 subdimensiones y 30 indicadores.

## 7. Referencias.

[1] Grupo Asesor de Seguridad Nuclear (1991). Cultura de Seguridad. Preparado para la Agencia Internacional de Energía Atómica. Serie de Seguridad No. 075-INSAG-4. Vienna.

[2] Hollnagel E. (2004). Barreras y Prevención de Accidentes. Editorial ASHGATE. Inglaterra.

[3] Wright M., Brabazon P., Tipping A. y Talwalkar M. (1999). Desarrollo de un Modelo de Excelencia Empresarial de Cultura de la Seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Londres.

[4] Simard M. (1998). Cultura y Gestión de la Seguridad. Enciclopedia De Seguridad. Volumen I, Capítulo 59: Política de Seguridad y Liderazgo. Génova. OIT.

[5] Trimpop R. y Zimolong B. (1998). Aceptación de Riesgos. Enciclopedia De Seguridad. Volumen I, Capítulo 59: Política de Seguridad y Liderazgo. Génova. OIT.

[6] Cooper D. (2001). Mejorando la Cultura de Seguridad. Una guía práctica. [www.behavioral-safety.com](http://www.behavioral-safety.com) Visitada en octubre de 2013.

[7] Martinez C. y Cremades L. (2012). Liderazgo y cultura en seguridad: su influencia en los comportamientos de trabajo seguros de los trabajadores. Salud de los trabajadores. Volumen 20 N° 2. Pág. 179-192.

[8] Wilpert B. (2001). Importancia de la Cultura de Seguridad en Plantas Nucleares. Londres. Taylor & Francis.

[9] Grimaldi J. y Simonds R. (1991). La Seguridad Industrial: Su Administración. Editorial Alfaomega. Madrid.

[10] Hudson P. (2001). Gerencia de Seguridad y Cultura de Seguridad: el Largo, Duro y Winding Camino. Salud Ocupacional y Sistemas de Gerencia de Seguridad. Pág 3-32. Australia.

[11] Wiegmann D., Zhang H., Terry Thaden T., Sharma G. y Mitchell A. (2002). Una Síntesis de las Investigaciones de Cultura de Seguridad y Clima de Seguridad. Reporte Técnico ARL-02-3/FAA-02-2. Laboratorio de Investigación de Aviación, Instituto de Aviación. Illinois. Preparado para la Administración Federal de Aviación del Aeropuerto Internacional de Atlantic City, New Jersey.

[12] Aguilar C., De Lille M., Escamilla M. y Cetina T. (2018). Clima de Seguridad Ocupacional, Respuesta de Seguridad del Jefe y Conducta Segura del Trabajador. Revista Electrónica de Psicología Iztacala. Volumen 21, N° 1. Pág. 121-141.

[13] Cooper D. (2008). Ponderación de riesgos en perfiles de cultura de seguridad. Conferencia Internacional de Salud, Seguridad y Ambiente en Exploración y Producción de Petróleo y Gas. Francia.

[14] Fleming M. (2000). Modelo de Madurez de la Cultura de Seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Informe 2000/49. Edimburgo.

[15] Cooper D. (2000). Hacia un Modelo de Cultura de Seguridad. Safety Science. Volumen 36, pág. 111-136.

[16] Hudson P. (1999). Cultura de Seguridad – Teoría y Práctica. Ponencia presentada en la RTO HFM Taller sobre El factor humano en el Sistema de Confiabilidad - Es Rendimiento Humano Predecible? Italia.

[17] Ingeniería Humana (2005). Una revisión de la cultura de la seguridad y de la literatura del clima de seguridad para la elaboración de la guía de inspección cultura de la seguridad. Preparado para la Dirección de Salud y Seguridad. Informe de Investigación 367. Bristol.

[18] Lavarello J., Gómez M., Cayunao C., Cardenas P. y Grandón J. (2017). Caracterización de la cultura de seguridad en función del tipo de tarea que desempeñan los trabajadores. Salud de los Trabajadores. Volumen 25, N° 2. Pág. 131-137.

[19] Martínez C. y Montero R. (2015). La cultura de la seguridad en una empresa constructora: evaluación e interpretación de sus resultados. Salud de los Trabajadores. Volumen 23, N° 2. Pág. 115-126.

# Madurez del sistema de gestión en una Pyme argentina

Rohvein Claudia<sup>1</sup>, Silvia Urrutia<sup>2</sup>, Franco Chiodi<sup>3</sup>, Mario Jaureguiberry<sup>4</sup>

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires.  
Av. del Valle 5737*

(1) [crohvein@fio.unicen.edu.ar](mailto:crohvein@fio.unicen.edu.ar), (2) [surrutia@fio.unicen.edu.ar](mailto:surrutia@fio.unicen.edu.ar), (3) [fchiodi@fio.unicen.edu.ar](mailto:fchiodi@fio.unicen.edu.ar), (4) [segumar@fio.unicen.edu.ar](mailto:segumar@fio.unicen.edu.ar)

## RESUMEN

La atención sobre la gestión y mejora de los procesos de negocios ha aumentado convirtiéndose en una tarea central del diseño organizacional. Por ello las organizaciones están trabajando en la implementación de acciones para mejorar sus procesos y los modelos de madurez están recibiendo especial interés a nivel académico en función de aportar una herramienta auxiliar.

En Argentina, el estudio de las pequeñas y medianas empresas del sector industrial se traduce atractivo por su contribución económica y su aporte al proceso de renovación del tejido productivo. Un modelo de madurez es una herramienta para evaluar y mejorar habilidades, capacidades y competencias. Su valor radica en su uso como herramienta de análisis ya que busca ayudar a las organizaciones a reconocer cuándo y por qué deben avanzar, proporcionándoles una visión de las medidas que deben adoptarse con el fin de lograr el progreso de la madurez.

El modelo de madurez de gestión de Fisher refleja ser adecuado para PyMEs, debido principalmente a su baja complejidad de uso y a la descripción adecuada de cada nivel. Asimismo en su representación se especifica el nivel de desempeño actual y se muestra la ruta de mejoramiento por medio de un perfil de desempeño lineal.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el nivel de madurez de una PyME, utilizada como caso de estudio, a través de la valoración de cinco dimensiones. Las mismas son estrategia, controles, procesos, gente y tecnologías de información propuestas en el modelo de Fisher. La recolección de datos surge de fuentes primarias mediante la realización de entrevistas semiestructuradas. Como resultado se arribó a que la PyME de referencia alcanza un nivel de madurez 2 avanzado ó 3 en todas sus dimensiones. Las acciones futuras buscarían elevar las dimensiones en la escala de madurez.

**Palabras Claves:** sistema de gestión, madurez, Fisher, PyMEs.

## ABSTRACT

Focus on the management and improvement of business processes has increased, becoming a central task of organizational design. Therefore, organizations work on the implementation of actions to improve their processes and so, maturity models get special interest at the academy level in order to provide a diagnosis tool.

In Argentina, research on industrial small and medium enterprises is attractive because of its economic development and its contribution to the process of renewal of the productive fabric.

A maturity model is a tool to evaluate and improve skills, abilities and competences. It highly valuable because it can be used as an analysis tool. Analysis results help organizations recognize reasons to improve, providing them with a vision of the measures that must be adopted in order to achieve the maturity progress.

Fisher's management maturity model is suitable for SMEs, mainly due to its low complexity use and the adequate description of each level. In addition, the current level of performance is specified in its representation and the improvement route is shown by means of a linear performance profile.

The objective of this paper is to characterize the level of maturity of an Argentinian SME, used as a case study, through the assessment of five dimensions. These are strategy, controls, processes, people and information technologies proposed in Fisher's model. Data collection comes from primary sources through semi-structured interviews. As a result, the reference SME reached an advanced level of maturity 2 or 3 in all its dimensions. Future actions would seek to raise the dimensions in the maturity scale.

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión y mejora de los procesos de negocio son una tarea central del diseño organizacional. Por ello los modelos de madurez están recibiendo especial atención y se ve un crecimiento en el interés académico [1].

La madurez se ha estudiado desde el punto de vista de los sistemas de gestión de calidad, programas de excelencia y a partir del concepto de Business Process Management (BPM), según Díaz Jaimes y Ortiz Pimiento, 2013. [2]. En Trkman, 2010 se define BPM como todos los esfuerzos de una organización para analizar y mejorar continuamente las actividades fundamentales, tales como la fabricación, comercialización, comunicaciones y otros elementos importantes de las operaciones de la empresa. [3].

En los últimos años la atención a los procesos de negocio ha aumentado y las organizaciones están trabajando en la implementación de acciones para mejorarlos. Sin embargo su desarrollo es gradual dando lugar a la noción de madurez como una medida para indicar cuán excelente es el desempeño de un proceso de negocio. En general un modelo de madurez es una herramienta para evaluar y mejorar habilidades, capacidades y competencias. [4]

Siqueira (2005) señala que el concepto básico detrás de la palabra madurez es que organizaciones maduras realizan sus actividades a partir de procesos sistematizados y métodos documentados, mientras que los procesos y los métodos inmaduros varían de acuerdo a los individuos que realizan las tareas. [5]. Por lo tanto, teniendo en cuenta que en las organizaciones maduras los datos se recogen y se utilizan con el fin de analizar el control, la previsión y el rendimiento de la planificación, estas organizaciones alcanzan sus objetivos de calidad, tiempo y costo de una manera coherente y eficaz. Por otra parte, a menudo las inmaduras no alcanzan sus objetivos, y en muchos casos, la calidad no es lo que esperaba y los plazos y los costos son superiores a los presupuestados.

Los modelos de madurez se utilizan para proporcionar una evaluación de la situación actual de las empresas considerando las características clave de la competitividad de un mercado [6]. Para Duffy (2001) el valor de un modelo de madurez radica en su uso como herramienta de análisis y posicionamiento, ya que busca ayudar a las organizaciones a reconocer cuándo y por qué deben avanzar, proporcionándoles una visión de las medidas que deben adoptarse con el fin de lograr el progreso de la madurez. [7].

En este contexto el objetivo del presente trabajo es evaluar la madurez del sistema de gestión de una empresa Pyme, utilizada como caso de estudio, y proponer potenciales acciones que permiten alcanzar estados sucesivos de madurez.

## 2. METODO

La metodología de investigación utilizada para realizar el análisis sobre la madurez del sistema de gestión está basada en el estudio de caso propuesto por Yin R. (1993) quien lo define como:

*“Una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. (...) Una investigación de estudio de caso trata una situación donde están involucradas más de una variable de interés; y como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; y también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos”.* [8].

Se ha decidido utilizar este método ya que se estudia un fenómeno organizacional que involucra diversas variables que no son sencillas de analizar, y este enfoque ayuda a utilizar la experiencia para la transmisión del conocimiento. [8]

Es un estudio de caso descriptivo ya que su propósito es identificar el estado de situación o nivel de madurez de las dimensiones que caracterizan el sistema de gestión según el modelo de madurez propuesto por Fisher [9]. Según Páez et. al (2018), que realiza una revisión de numerosos modelos de madurez de gestión, el modelo de Fisher resulta uno de los más adecuados para pymes. Dicho modelo da pautas para detectar puntos débiles y establecer una hoja de ruta para las acciones de mejora al describir el estado sucesivo deseable de madurez. [10].

El Modelo de madurez de procesos de negocio (BPMM) de Fisher [9] se presenta como una herramienta capaz de proporcionar un balance entre una representación simple que cualquier persona pueda entender fácilmente y un modelo que contenga el suficiente grado de detalle como para proveer ideas que conduzcan a acciones específicas a utilizar por las organizaciones que deseen mejorar su desempeño. El modelo se centra en el análisis de dos dimensiones. La primera dimensión se descompone en cinco componentes que representan el núcleo de la mayoría de las organizaciones. A estas se las denomina “cinco palancas de cambio”, y se designan como estrategia, procesos, tecnología, control y gente. La segunda dimensión son los estados de madurez de estas palancas de cambio. En el modelo, la dimensión “Cinco palancas de cambio” proporciona los componentes sobre los cuales se puede evaluar las capacidades de una organización en particular. A medida que las capacidades avanzan, la compañía puede progresar

a través de la segunda dimensión del modelo, esto es, los estados de madurez. Estos estados se representan por niveles, siendo: nivel 1 (Aislado), nivel 2 (Tácticamente integrado), nivel 3 (Proceso conducido), nivel 4 (Empresa optimizada) y nivel 5 (Red inteligente de operaciones). Como aspectos positivos el modelo presenta una estructura simple y fácil de comprender y utilizar; es un modelo no lineal y multidimensional y las palancas de cambio mutuamente dependientes proporcionan dirección sobre los aspectos a mejorar prioritariamente para lograr una madurez organizacional superior. Se destaca que el modelo considera la integración externa en su último nivel de madurez, rasgo que lo distingue de otros modelos. En la Figura 1 se muestra la definición para cada intersección entre las dimensiones y los niveles del modelo de Fisher.

La investigación busca hacer una reflexión sobre las acciones que permiten alcanzar estados sucesivos de nivel de madurez del sistema de gestión, mejorar la planeación, ejecución y monitoreo de los procesos, y aumentar el grado de aplicación de herramientas disponibles.

Para efectuar la elección de la unidad de análisis se definen como principales criterios: el tamaño de la empresa, el tipo de actividad, la certificación de normas de calidad, seguridad y medioambiente, y el grado de accesibilidad a la misma para el desarrollo de la investigación.

La unidad de análisis seleccionada es una pyme metalmeccánica de la ciudad de Olavarría, Argentina, que realiza actividades de diseño y fabricación de productos de metal y puesta en marcha de equipamientos industriales metalmeccánicos. La diversidad de productos ofrecidos va desde estructura pesada hasta liviana, pero con una ponderación mayor en la primera. Por ejemplo ofrecen instalación de estructura metálica pesada en obras de minerías, construcción de domos o galpones. Su mercado está en Argentina con expansión a Brasil y Uruguay. Sus clientes son principalmente la industria cementera, minera y cerealera con la participación también en obras de ingeniería (una central termoeléctrica y una torre de control aeroportuaria). Su estructura en recursos humanos está conformada por 120 empleados. En cuanto a los sistemas de normas han certificado el correspondiente a calidad ISO 9001, se encuentra en desarrollo el de seguridad y en menor grado de avance el de medioambiente.

La recolección de datos surge de fuentes primarias mediante la realización de entrevistas semiestructuradas a actores clave con una guía de preguntas elaborada en pos de responder a la caracterización de cada dimensión y su nivel de madurez.

La información recopilada se analiza sobre la base de transcripciones literales de la entrevista, posterior agrupación de los comentarios y observaciones por campo temático o dimensión. Del análisis cualitativo de tales resultados se obtienen las conclusiones de cada dimensión estudiada, identificando el nivel de madurez alcanzado y justificando el mismo con situaciones específicas que representan el desempeño de la empresa y apoyadas por citas textuales de los entrevistados.

	Nivel 1: Aislado	Nivel 2: Integrado tácticamente	Nivel 3: Proceso conducido	Nivel 4: Empresa optimizada	Nivel 5: Red Operativa Inteligente
<b>Estrategia</b>	Reactivo a las condiciones del mercado en 1-2 años, típicamente persiguiendo a un competidor. Integración dentro de las funciones. Impulsado por el costo y la eficiencia	Adaptar / reaccionar a la dinámica del mercado en un plazo de 12 meses. Alguna integración interfuncional para resolver dolores. Entrada inicial en la integración punto a punto con socios	Adaptar / reaccionar a la dinámica del mercado dentro de 3-6 meses. Se establece el liderazgo de procesos a nivel de toda la empresa. El proceso empresarial es el elemento fundamental de la empresa	Adaptable a la dinámica del mercado dentro de semanas. Empresa organizada completamente en torno a los procesos. Procesos optimizados + rendimiento de la ejecución ventaja competitiva	Capacidad predictiva y liderazgo de mercado. Continuamente adaptable a la dinámica del mercado en tiempo casi real. La empresa y sus socios están organizados en torno a los procesos. La ventaja competitiva es impulsada y compartida por los socios
<b>controles</b>	Autoridad / autonomía local y funcional. No hay normas de gobierno para toda la empresa. Ningún programa formal de medición del valor	Estructura jerárquica. Decisiones independientes del departamento funcional. Estándares limitados para toda la empresa.	El liderazgo formal del proceso establece las prioridades. Casos de negocio impulsan proyectos. Métricas de proceso vinculadas al	Equipos de procesos responsables de rendimiento general. Métricas de proceso relevantes institucionalizadas como principales medidas de desempeño	Los equipos de procesos interempresariales tienen su propio rendimiento. Se usan métricas de proceso relevantes para medir el rendimiento de los socios bidireccionales



			rendimiento individual y de equipo		
<b>Proceso</b>	Procesos de negocio estáticos. Silos funcionales. Silos geográficos. Departamento enfocado. Comunicación informal dentro de los departamentos	Reingeniería de proceso limitada y coordinación de procesos / procesos cruzados (a menudo manual, esfuerzos únicos). Sistemas de definición de procesos basales.	Totalmente transición de enfoque funcional a enfoque de proceso, incluyendo estructura de gestión, equipos de ejecución y evaluación de desempeño. Outsourcing de procesos empresariales dirigidos	Integración total de procesos en toda la empresa. Compromiso con el programa de mejora continua de procesos. Subcontratar los procesos empresariales no básicos (reducir costos y aumentar la calidad)	Integración total del proceso a través del ecosistema. Los procesos clave fluyen a la perfección a través de cortafuegos
<b>Gente</b>	Expertos en la materia. La cultura es adversaria, desconfianza mutua. No hay procedimientos formales de gestión del cambio. Haré mi trabajo, tú haces el tuyo	Los miembros del equipo multifuncional / proceso (generalmente liderados por Tecnologías de información). Conocimiento limitado de las necesidades y dependencia de procesos entre departamentos	Los líderes de procesos definen, implementan, mejoran y mantienen los procesos centrales. Los equipos funcionales se enfocan en la ejecución de alta calidad (Los líderes son los que más contribuyen en los procesos)	Organización Lean enfocada a optimizar las definiciones de procesos y la ejecución Entrenamiento continuo de procesos para empleados.	La selección de socios incluye procesos y atributos culturales. Entrenamiento continuo de procesos para empleados y socios
<b>Tecnologías de Información</b>	Sistemas independientes. Islas de automatización. Integración sólo dentro de las funciones. Sistemas empresariales heredados	Aprovecha los sistemas ERP para la integración funcional cruzada. Integración de socios punto a punto. Las tecnologías de información lideran iniciativas multifuncionales (sistemas enfocados)	Las Tecnologías de información apoyan al equipo de liderazgo de procesos en iniciativas. Consolidación de sistemas e instancias para agilizar procesos e información.	Utiliza soluciones de gestión de procesos de negocio (BPM) para automatizar la ejecución, supervisión y control de procesos en toda la empresa.	Utiliza soluciones de gestión de procesos de negocio (BPM) para automatizar y controlar la ejecución de procesos en todo el ecosistema.

Figura 1 *Business Process Maturity Model (BPMM) by Fisher. Fuente: traducido a partir de Fisher (2004) [9].*

Una vez identificado el nivel de madurez de cada una de las palancas de cambio, el modelo pretende alinear todas las dimensiones en el mismo nivel madurativo, por lo cual las acciones a proponer deben seguir ese sentido de alineamiento, tal como lo muestra la Figura 2.

	Siloed	Tactically Integrated	Process Driven	Optimized Enterprise	Intelligent Operating Network
Strategy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reactive to market conditions within 1-2 years, typically chasing a competitor</li> <li>Integration within functions</li> <li>Driven by cost and efficiency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adapted to market dynamics within 12 months</li> <li>Some cross-functional integration to solve pains</li> <li>Initial entry into point-to-point integration with partners</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adapted to market dynamics within 3-6 months</li> <li>Enterprise-wide process established</li> <li>Key process is the foundational element of the enterprise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptive to market dynamics within weeks</li> <li>Enterprise organized completely around processes</li> <li>Optimized processes=execution yield competitive advantage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Predictive capabilities and market leadership</li> <li>Continuously adaptive to market dynamics in near real-time</li> <li>Enterprise and its partners are organized around processes</li> <li>Competitive advantage is driven and shared by partners</li> </ul>
Controls	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local and functional level authority / autonomy</li> <li>No enterprise-wide standards or governance</li> <li>No formal value measurement program</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hierarchical control structure</li> <li>By function department</li> <li>Performance metrics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formal process leadership established</li> <li>Enterprise-wide projects tied to individual and team performance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process teams responsible for overall performance</li> <li>Relevant process metrics institutionalized as main performance measures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inter-enterprise process teams own performance</li> <li>Relevant process metrics are used to measure bi-directional partner performance</li> </ul>
Process	<ul style="list-style-type: none"> <li>Static business processes</li> <li>Functional silos</li> <li>Geographic silos</li> <li>Department focused</li> <li>Informal communications within departments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limited process reengineering and functional/process</li> <li>Systems drive baseline process definitions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fully transitioned from functional to process focus, including design, execution</li> <li>Performance evaluation</li> <li>Targeted BPO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total process integration across the enterprise</li> <li>Commitment to continuous process improvement program</li> <li>Outsource non-core business processes (reduce cost and increase quality)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total process integration across the entire ecosystem</li> <li>Key processes flow seamlessly across firewalls</li> </ul>
People	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subject matter experts</li> <li>Culture is adversarial, distrust</li> <li>No formal change management procedures</li> <li>I'll do my job, you do yours</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cross-functional/process team members</li> <li>IT leads cross-functional initiatives (systems focused)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process leaders define, deploy, and maintain core</li> <li>IT teams focus on high quality execution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lean organization focused on optimizing process definitions and execution</li> <li>Ongoing process training for employees</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partner selection includes process &amp; cultural attributes</li> <li>Ongoing process training for employees and partners</li> </ul>
IT	<ul style="list-style-type: none"> <li>Independent systems</li> <li>Islands of automation</li> <li>Integration only within functions</li> <li>Legacy enterprise systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leverage ERP systems for cross-functional integration</li> <li>Point-to-point partner integration</li> <li>IT leads cross-functional initiatives (systems focused)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IT supports process leadership in initiatives</li> <li>IT leads cross-functional initiatives (system and instance consolidation)</li> <li>IT streamlines processes and information</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilize Business Process Management (BPM) solutions to automate process execution, monitoring, and control across the Enterprise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilize Business Process Management (BPM) solutions to automate and monitor process execution throughout the ecosystem</li> </ul>

Figura 2 Alineación de las palancas de cambio en un nivel de madurez determinado. Fuente: Fisher (2004) [9]

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Diagnóstico de madurez

El análisis de la información recopilada en las entrevistas realizadas a actores clave de la pyme seleccionada permitió arribar a diferentes niveles de madurez de cada una de las cinco palancas de cambio, como se muestra en la Figura 3. Seguidamente se brinda un análisis de cada dimensión con datos y citas textuales que justifican la determinación del nivel de madurez para cada palanca planteada en el modelo de Fisher.

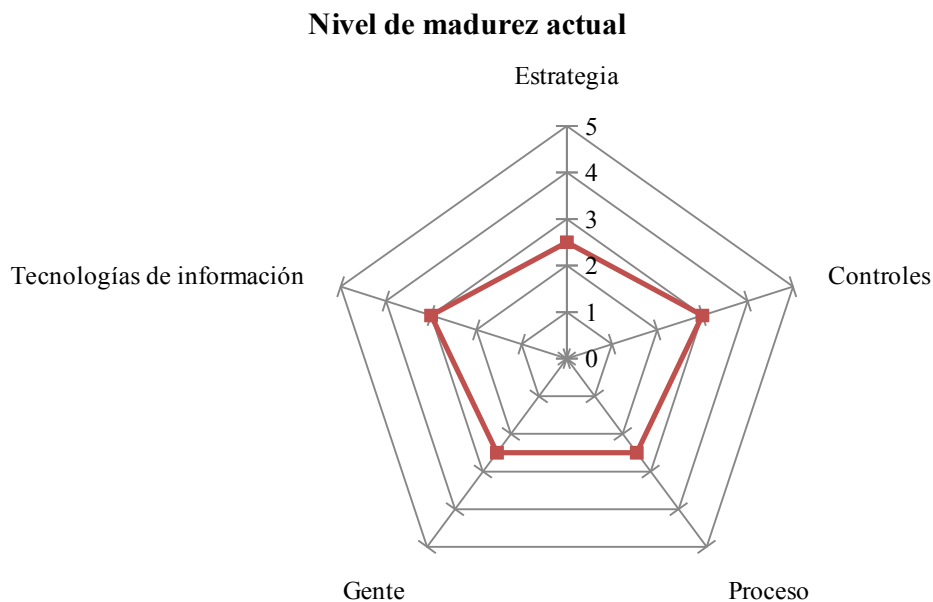


Figura 3 Nivel de madurez del sistema de gestión de la empresa caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

#### Estrategia

Aunque la misión y visión están formuladas, no han sido consensuadas ni compartidas con el personal. La estrategia es deliberada solo por el dueño de la empresa, pero no se comparte. Su visión es convertirse en la empresa metalúrgica más grande del país.

Tienen diversidad de productos, estructura pesada, mediana y liviana. Su mercado es la instalación de estructura metálica pesadas en las obras de ingeniería. La empresa se expande muy rápidamente. Geográficamente atienden a nivel nacional y ha incursionado recientemente en Brasil y Uruguay (cuentan con una persona específica en el área comercial, que busca nuevos clientes).

No hay vinculación formalizada entre estrategia de negocios y funcionales, porque la primera no está escrita ni comunicada. Dado que sólo la dirección la conoce, nadie se involucra en su implementación.

Aunque no posee un organigrama claro y definido, existe cierto grado de integración interfuncional por medio de reuniones semanales con responsables de cada área (oficina técnica, compras, administración, recursos humanos, calidad, dirección, producción) para afrontar los problemas que van surgiendo. La compra de Tecnologías de Información (TI) de gestión (Strumis) que integra todas las áreas y es de uso exclusivo para estructuras metálicas, les da una ventaja competitiva frente a los competidores. La empresa se anticipa al uso de tecnologías y es seguido por sus competidores.

Su ventaja competitiva se vincula con su flexibilidad hacia el cliente, saltar burocracia y responder a sus demandas rápidamente, sin medir el impacto en el funcionamiento de la empresa. La integración con proveedores no es estrecha ni cercana en cambio con los clientes sí.

En palabras del jefe de producción "La empresa ha cobrado una gran dimensión, su crecimiento ha sido de expansión muy rápida y aún hoy mantiene las informalidades de una Pyme. A pedido mío se ha incorporado una profesional en el área de recursos humanos para formalizar muchos aspectos, entre ellos la identidad de la empresa y el desarrollo de carrera del personal"

*Esta descripción permite inducir un nivel de madurez 2.5, debido a contar con una estrategia explícita pero no compartida, a su posición en el mercado (aspira a ser líder a nivel nacional), y a su incipiente trabajo interfuncional y la integración con algunos clientes.*

## **Controles**

La toma de decisiones resulta parcialmente descentralizada, el dueño delega autoridad en niveles medios. Este nivel no conoce cómo interactuar con otras áreas y dentro de su función. No está delimitada la responsabilidad de cada uno.

Si bien no existen procedimientos formales que establezcan requisitos de compra, forma de uso y alcance de las Tecnologías de Información, se prioriza el uso de sistemas que integren áreas, muestren indicadores de avances, puedan utilizarse en conjunto con otros sistemas de manera vinculada y marquen la trazabilidad de los productos fabricados.

*Los datos que se refieren a esta dimensión muestran la presencia de toma de decisiones parcialmente descentralizadas, y la existencia de métricas de procesos, entre otros, lo que indican un nivel 3 en la madurez organizacional.*

## **Procesos**

Si bien trabajan con las exigencias de un Sistema de Gestión de calidad según Normas ISO 9001 aún no se han implementado todas las acciones del enfoque de procesos. En este sentido, faltan definir responsabilidades e interacciones de las personas y si bien tienen definido un mapa de procesos, solamente por ser requisito de la ISO 9001, no está implementado (solo un manual en desuso). No existe un organigrama claro, se organizan por áreas y no hay comunicación formal entre ellas.

El programa de mejora continua es una intención pero son pocas las acciones logradas al momento, sólo se realizan mejoras reactivas. No obstante la filosofía de la dirección es siempre el de la mejora aunque no esté formalizada.

En palabras de la responsable de recursos humanos "El dueño transmite e induce que cada problema o resultado negativo se debe analizar para no volver a repetirlo". Por otro lado el jefe de producción señala "Hay un nuevo compromiso, estamos realizando reuniones serias entre todos nosotros para usar la Norma de manera adecuada, analizando los problemas, buscando la causa raíz, dejando asentado el problema y la solución para que no vuelva a pasar", así como también

expresa "Estamos en camino a mejorar lo solicitado por la norma y las cosas se están haciendo a conciencia para aprender del error".

*La evidencia señala que la madurez de esta dimensión se asume en nivel 2, dado que el enfoque de procesos está diseñado pero implementado parcialmente, la filosofía de mejora continua está débilmente presente, y la resolución de problemas es reactiva, sin método que la respalde.*

## **Gente**

Los equipos de trabajo no están definidos formalmente pero los mandos medios trabajan de forma relacionada, interactuando con TI y reuniones periódicas. El clima de trabajo es muy bueno y la organización se ve visualmente ordenada.

Las necesidades y dependencia de las funciones y los clientes internos no están definidos, no hay delimitaciones establecidas, como tampoco las responsabilidades de cada uno.

Según la responsable de recursos humanos "La empresa cuenta con muy buenos recursos humanos desde el operario hasta los profesionales, pero no se trabaja en formar aún más esos recursos, por ejemplo si alguien es bueno en lo técnico y se nota que le falta liderazgo no se hace nada para subsanarlo". Reconocen que no se atienden las necesidades del personal ni se aporta al desarrollo de su desempeño, no se apuesta al desarrollo de carrera. Se recluta por el conocimiento técnico y luego no se aporta en el desarrollo de habilidades. Aunque últimamente al elegir empleados están buscando valores y responsabilidad, bajando el peso a la experiencia. Luego capacitan mucho en lo técnico. Pierden algunos recursos humanos profesionales por beneficios económicos al enfrentarse contra grandes industrias.

Complementariamente, el jefe de producción expresa "Estamos tratando de armar una evaluación de desempeño, crear objetivos por áreas y crear un desarrollo de carrera". Además se señala que "Hay áreas mejor organizadas que otras que las define el líder de cada área, por ejemplo Producción está muy bien pero Calidad no aún. Calidad ahora depende del gerente general y éste le pidió en la última reunión al líder de calidad que defina el objetivo para su área .... de a poco se va trabajando y mejorando en la formalización".

*De la información provista, donde existe un equipo de mandos medios en consolidación, un cambio en los criterios de selección de personal, un esfuerzo en su desarrollo de carrera, y una novel área de Recursos humanos para apuntalar estos esfuerzos, es posible establecer que la madurez de la dimensión Gente alcanza un nivel 2.5.*

## **Tecnologías de información**

La empresa utiliza un sistema de Tecnología de Información especializado para la industria metalmeccánica llamado Strumis. El mismo hace seguimiento de las piezas componentes del producto, gestiona la compra de insumos necesarios, mantienen las distintas áreas comunicadas, maneja varios proyectos simultáneamente, comparte con los clientes el avance del pedido o proyecto por medio de este sistema. Se integra con otros sistemas de TI como el software de gestión administrativa Tango y el reloj. Además, están diseñando un sistema de trazabilidad de las partes de la estructura a través de un TAG (imán con información ubicado en las piezas) que se acopla con Strumis. Este software rescata información de manera automática conformado un tablero-semáforo que indica el avance en producción.

Priorizan la integración de áreas al momento de seleccionar las TI pero no están formalizados los criterios para las compras de TI. Los sistemas TI están integrados internamente y parcialmente con los clientes, ya que éstos pueden ver el avance de obra.

En palabras del jefe de producción "Antes usaba una planilla de Excel para seguir el avance de obra, luego un momento en que eso es inmanejable, el número de piezas es elevado. Ahora con el Strumis se facilitó porque este programa toma los datos del Tecla (que es donde está el despiece, y el modelo digitalizado en 3D), y le da seguimiento a cada pieza, informa si la materia prima está disponible, se realizan las órdenes de compras por medio de este sistema, se puede dar seguimiento por obra y varias simultáneamente, muestra por medio de colores que se está soldando, que está hecho, que está pendiente. Es una herramienta visual muy potente. Estos informes se envían a los clientes. Esto ha agilizado enormemente los tiempos".

*Las evidencias demuestran que esta dimensión se encuentra con un grado de desarrollo significativo, alcanzando un nivel 3 de madurez. Este valor se fundamenta en la existencia de*

diversas TI (de gestión administrativa, de producción, etc.) que se integran entre sí, y traccionan la interfuncionalidad entre áreas.

### 3.2. Acciones propuestas

Determinado el estado de situación actual y por tanto el nivel de madurez alcanzado para cada dimensión estudiada, se está en condiciones de planificar acciones futuras con el propósito de mejorar la planeación, ejecución y monitoreo de los procesos, aumentar el grado de aplicación de las herramientas disponibles y consecuentemente lograr el ascenso a un estado de nivel de madurez 3.5 sucesivo a la dimensión más alta alcanzada por la empresa, tal como se señala en la Figura 4.

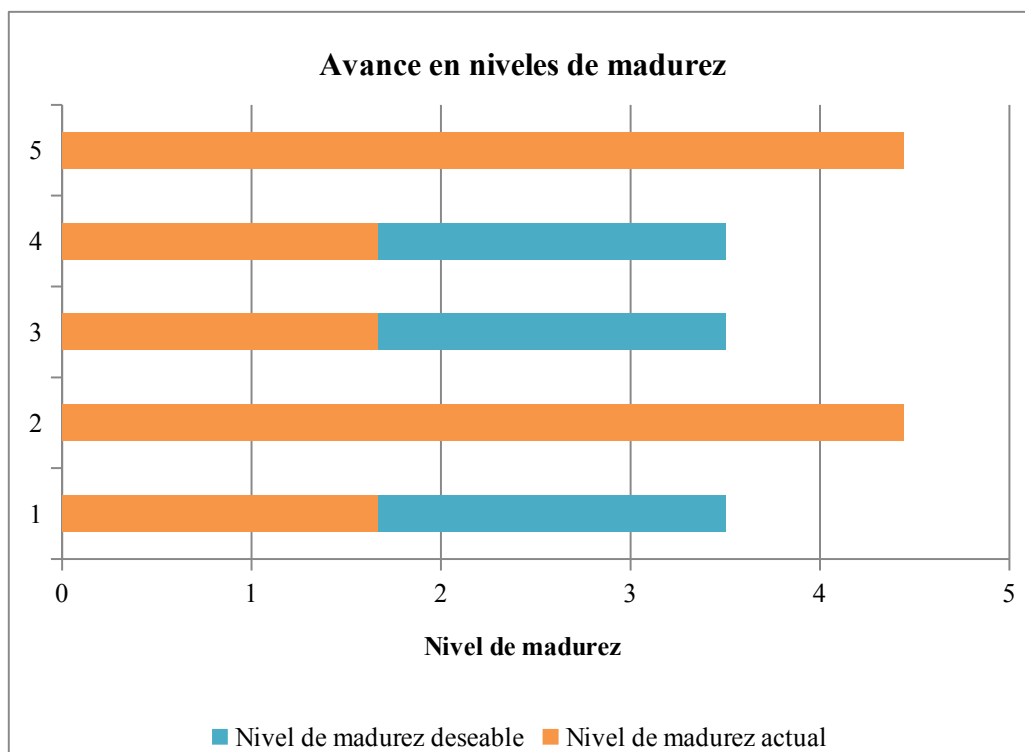


Figura 4 Avance deseable en el nivel de madurez del sistema de gestión de la empresa caso de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Para ello las acciones futuras propuestas, que necesariamente necesitan ser consensuadas con la empresa, se pueden resumir en:

- Formalizar y comunicar el enfoque estratégico de la empresa, con el fin de alinear los esfuerzos organizacionales, correspondiente a las dimensiones Estrategia y Controles.
- Avanzar en la filosofía del enfoque de procesos y afianzar su implementación. Incluyendo sus prácticas en la estructura de gestión, en los equipos de ejecución y en la evaluación de desempeño, lo que permite apuntalar las dimensiones Proceso y Gente.
- Asegurar que los indicadores de desempeño de proceso estén vinculados simultáneamente al desempeño individual y de equipo, fortaleciendo las dimensiones Gente y Controles.
- Recurrir a los líderes de procesos para que definan, implementen, mejoren y mantengan los procesos clave ejecutándolos con alta calidad, mejorando las dimensiones Proceso y Gente.
- Consolidar los sistemas TI para agilizar los procesos y la disposición de información para la gestión, a fin de elevar la madurez de la dimensión TI.

### 4. CONCLUSIONES

A partir de la selección de un modelo de madurez del sistema de gestión, en este caso el de Fisher, y el trabajo de campo realizado sobre una empresa que cumple con los criterios establecidos para su participación en este estudio, ha sido posible establecer el grado de madurez de las cinco palancas de cambio, utilizadas en este modelo, en una escala de 1 a 5.

La empresa objeto de estudio alcanza un nivel de madurez dos avanzado o tres en todas sus dimensiones. Específicamente en las dimensiones Estrategia, Proceso y Gente obtiene 2.5 que significa que sobrepasa el segundo nivel pero no llega a cumplir todas las condiciones del nivel tres. En el resto de las dimensiones, Controles y Tecnologías de información, esta organización arriba al nivel 3 de madurez.

Las acciones propuestas, a desplegar en el futuro, se enfocan en lograr una alineación en el nivel de madurez 3.5 del sistema de gestión, buscando superar las condiciones exigidas para el nivel tres, mediante la formalización de la estrategia, el fortalecimiento del enfoque de procesos, y el afianzamiento en el uso de indicadores para la toma de decisiones, apoyados en las TI.

Esta investigación se visualiza como paso previo a generar un aporte a los modelos que ayudan a mejorar el sistema de gestión en pymes. Es interesante recurrir al planteamiento de Bititci et. Al (2014) quién propone el uso complementario entre los sistemas de medición de desempeño (SMD) con los sistemas de gestión para facilitar su aplicación y generar un aporte al aprendizaje organizacional y la capacidad empresaria. [11]. Esta sugerencia da indicios para pensar en recurrir a un modelo integrado que incorpore características relacionadas con la medición de desempeño a los modelos de madurez de sistema de gestión disponibles en la bibliografía.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Röglinger, J. Pöppelbuß, y J. Becker, "Maturity models in business process management". Business Process Management Journal. Vol. 18. N° 2, pp. 328-346. 2012. DOI: 10.1108/14637151211225225
- [2] M. D. P. Díaz Jaimes y N. R. Ortiz Pimiento, "Revisión de Modelos de Madurez: Estrategia de Evaluación del Desempeño para Empresas de Manufactura", Revista UIS Ingeniería. Vol. 11. N° 1, pp. 55-72. Mayo 2013. ISSN on line: 2145-8456.
- [3] P. Trkman. "The critical success factors of business process management". International Journal of Information Management. Vol. 30. N° 2, 125–134. 2010. ISSN: 0268-4012.
- [4] Moradi-Moghadam M.; Safari H.; Maleki M. (2013) A novel model for business process maturity assessment through combining maturity models with EFQM and ISO 9004:2009, International Journal Business Process Integration and Management. Vol. 6. N° 2, pp. 167-184. ISSN online: 1741-8771.
- [5] Siqueira, J. O. (2005) Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade. In: ABM Congress, 60, Belo Horizonte.
- [6] Lahti, M.; Shamsuzzoha, A. H. M.; Helo, P. (2009). Developing a maturity model for supply chain management. International Journal of Logistics System and Management, Vol 5, N° 6, pp 654-678.
- [7] Duffy, J. (2001) Maturity models: blueprints for evolution. Strategy Leadership. Vol. 29, N° 6, pp 19-26.
- [8] Yin R. (1993) Applications of case study research. Newbury Park, CA Sage.
- [9] Fisher D. M. "The business process maturity model: a practical approach for identifying opportunities for optimization". Bus. Process Trends. Vol. 9.N° 4, pp. 11-15. 2004.
- [10] Páez G., Rohvein C., Paravié D., Jaureguiberry M. "Revisión de modelos de madurez en la gestión de los procesos de negocios". Artículo aceptado para publicación en el Volumen 26 N° 4, octubre - diciembre 2018, de Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, ISSN: 0718-3291 - e-ISSN: 0718-3305, versión en línea. <http://www.ingeniare.cl> en prensa
- [11] Bititci U. S., Garengo P., Ates A., Nudurupati Y S. S. (2014).Value of maturity models in performance measurement, International Journal of Production Research. Vol. 53. N° 10, pp. 3062-3085. DOI: 10.1080/00207543.2014.970709.

# Innovación, competitividad y desarrollo sostenible

Rezzónico, Ricardo; Muñoz, Gladys

GINGEOS, UTN Córdoba

Maestro M. López y Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Córdoba. Argentina  
rrezzonico@frc.utn.edu.ar

## RESUMEN

En el trabajo se presentan aportes seleccionados -a través de una revisión de la literatura en bases de datos científicas-, que llevan a configurar una revalorización de la promoción y gestión de los diferentes tipos de innovación, como una decisión esencial y estratégica en el proceso de potenciación del desarrollo regional-local y en la gestión integral de las organizaciones, con el objeto de ponerlas en sintonía con las oportunidades de la globalización y las nuevas reglas emergentes en la economía. En tal sentido, se abordan los modelos de gestión de la innovación, conducentes a la adopción e incorporación de criterios y modalidades de acción en los sistemas de gestión organizacional, que cooperen con el incremento de sus capacidades, explicitando y analizando los factores que tienden a limitar su actuación. Posteriormente, se analizan las vinculaciones y el rol de los actores sociales en los sistemas de innovación, como eje de la participación efectiva y la necesaria cooperación de los involucrados en asuntos de promoción de la innovación, en virtud del impacto potencial de éstas en la mejora de las políticas y herramientas de gestión pública y privada a nivel organizacional y territorial. Por último, se aportan conceptualizaciones sobre el aprendizaje organizacional y la gestión del conocimiento, en relación con los procesos de innovación y sostenibilidad.

**Palabras Claves:** Innovación, competitividad, desarrollo, sostenibilidad, gestión

## ABSTRACT

The work presents selected contributions -through a review of the literature in scientific databases-, which lead to configure a revaluation of the promotion and management of different types of innovation, as an essential and strategic decision in the process of empowerment of regional-local development and in the integral management of organizations, in order to put them in tune with the opportunities of globalization and the new emerging rules in the economy. In this regard, innovation management models are addressed, leading to the adoption and incorporation of criteria and modalities of action in organizational management systems, which cooperate with the increase of their capacities, making explicit and analyzing the factors that tend to limit its performance. Subsequently, the linkages and the role of social actors in innovation systems are analyzed, as the axis of effective participation and the necessary cooperation of those involved in innovation promotion matters, by virtue of the potential impact of these in the improvement of the policies and tools of public and private management at the organizational and territorial levels. Finally, conceptualizations are provided on organizational learning and knowledge management, in relation to the innovation and sustainability processes.

## 1. INTRODUCCIÓN

Innovación y sostenibilidad aparecen hoy como los conceptos centrales y esenciales para reconfigurar las estrategias de las organizaciones y las naciones. Dado los impactos de los paradigmas en uso -con fuertes impactos, originados en las primeras revoluciones industriales- y las cambiantes tendencias sociales y económicas, innovar es un punto crítico porque permite reorientar el diseño y el uso de los recursos para reconfigurar el potencial de desarrollo humano y hacia una necesaria sostenibilidad de los sistemas y sociedades, lo cual es un imperativo actual.

Esta perspectiva ha provocado que durante las últimas décadas se hayan desarrollado numerosas investigaciones en el intento de explicar cuales son los factores que impulsan o inhiben la innovación, como evoluciona dentro de la organización, sus efectos y resultados. En un principio se consideraron modelos lineales, secuenciales y escalonados, de etapas independientes. Hasta que se comprendió a la innovación como un proceso mucho más complejo. Actualmente se tratan modelos en los que las diferentes fases o etapas están interrelacionadas, retroalimentándose entre sí y condicionadas por numerosos factores, externos e internos. Se habla de *sistemas de innovación*, considerándola como un proceso dinámico, en el cual se pone de manifiesto la complejidad de factores que la promueven, sus actores y relaciones entre ellos. Los ejes principales de interés son: la creación de conocimiento a través de la investigación pública o industrial, el diseño y desarrollo del producto, proceso o servicio, y su éxito en el mercado, a fin de lograr un desarrollo socio-económico sostenido y sostenible (económico, ambiental, social); y analizar, bajo un enfoque dinámico, las interrelaciones entre los principales actores involucrados en el proceso, que incluyen al ámbito académico, el sector empresario y los órganos políticos [1].

En el siguiente trabajo se abordarán diversos planteos e inferencias, propuestos a lo largo del tiempo en la literatura referente. En una primera parte se tratan algunas concepciones sobre la innovación, para continuar luego con la evolución teórica ocurrida en los modelos propuestos para explicarla. Luego se exponen los determinantes de principal interés en las investigaciones vinculadas a tales conceptos. Los últimos apartados exhiben, entre muchos aspectos que podrían ser analizados, aquellos estimados más importantes e influyentes en la capacidad innovadora como ventaja competitiva. En ellos se postulan actitudes o acciones, favorables y perjudiciales, para el proceso de innovación. Finalmente, se manifiesta la importancia del aprendizaje organizacional como herramienta clave, promotora y de sostén para el desarrollo de la sostenibilidad.

## 2. CONCEPTUALIZANDO A LA INNOVACIÓN

La innovación puede ser identificada como el principal factor de crecimiento económico y riqueza [2, 3, 4]. El comportamiento innovador es una actividad estratégica por la cual las organizaciones ganan o pierden ventajas competitivas y desarrollan sostenibilidad [5, 6].

El término innovación ha sido utilizado en la literatura para describir tanto el proceso que utiliza conocimientos y tecnologías para desarrollar nuevos productos, así como los productos en sí [7]. Porter define la innovación como “una nueva forma de hacer las cosas, que es comercializada”. Freeman y Soete [8] postulan: “una innovación en el sentido económico se logra sólo con la primera transacción comercial, implicando el nuevo producto, aunque la palabra se utiliza también para describir el proceso en su totalidad. Por supuesto, futuras invenciones se llevan a cabo durante el proceso de innovación, y más aún, pueden ser formuladas durante el de difusión”. En resumen, la innovación es la creación o modificación de productos, procesos o servicios; mediante el uso de conocimientos científicos o tecnológicos nuevos o existentes, que proporcionen un grado de novedad, y tengan éxito en el mercado o la sociedad.

Edquist cita la definición de Schumpeter de la innovación como una de las más amplias definiciones en la literatura: “la creación de una nueva función de producción. Esto incluye el producto básico, la estructura de la organización, la apertura a mercados y así sucesivamente. Recordando que la producción, en el sentido económico, no es sino la combinación de servicios productivos, podemos expresar lo mismo diciendo que la innovación combina factores en una nueva forma, o que ésta consiste en la realización de novedosas combinaciones” [9]. El autor menciona que Schumpeter utiliza el término *nuevos productos* para lo que podríamos llamar las nuevas tecnologías o innovaciones de productos, añadiendo que dentro del término “la creación de una nueva función de producción”, Schumpeter consideraba procesos tecnológicos y organizacionales, así como las innovaciones. Por otra parte, observa que las “nuevas combinaciones” de los factores, significan el uso de las tecnologías existentes o conocimientos de una manera en que no hayan sido utilizados antes. Esta última observación es apoyada por Nelson y Rosenberg [10], que argumentan que, a menudo una invención es comercializada con éxito por una empresa diferente a la precursora, y hasta puede suceder mucho tiempo después de



ocurrida. Por lo tanto, se requiere una exitosa difusión del nuevo producto o proceso a fin de que pueda ser caracterizado como una innovación.

Como propone Molero [11], los estudios realizados respecto a la innovación desde los años 1950 pueden ser agrupados dentro de dos perspectivas grandes: una macroeconómica, que analiza la importancia del progreso tecnológico para el crecimiento económico; y una microeconómica, caracterizada por el estudio de los determinantes de la innovación tecnológica. Esta segunda perspectiva es el núcleo principal de los estudios dedicados al análisis de esta actividad.

### 3. PROCESO DE INNOVACIÓN. EVOLUCIÓN TEÓRICA

El proceso de innovación incluye un conjunto amplio de actividades organizacionales, encaminadas a introducir un nuevo producto o proceso en el mercado. Existen diferentes modelos que intentan explicar en qué consiste este proceso y cuales son las etapas o fases que lo constituyen, para entender la naturaleza de la innovación y cómo ocurre. Rothwell [12] ha agrupado estas teorías en cinco generaciones, que se detallan en los apartados que siguen.

#### 3.1 Modelo lineal *technology push*

El modelo *technology-push* (también llamado *science-push*) fue dominante en los años 50. Considera la innovación como un proceso lineal simple, donde los avances científicos y tecnológicos son los que empujan un nuevo producto al mercado (Fig. 1).

Su principal característica es la linealidad, que asume un escalonamiento progresivo desde el descubrimiento científico, motor de la innovación, hasta la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la fabricación. El mercado es tan sólo el lugar donde se van a incorporar los resultados de la I+D. Implica el progreso de la tecnología, orientado inicialmente hacia un rendimiento técnico y sólo de forma secundaria hacia una necesidad específica del mercado.



Fig. 1. Modelo *technology-push*. [13]

#### 3.2 Modelo lineal *market pull*

A partir de la segunda mitad de la década de los sesenta comenzó a prestarse mayor atención al papel del mercado en el proceso innovador, lo que condujo a conceptualizar la innovación tecnológica de forma también lineal, pero asumiendo que las innovaciones derivaban básicamente del análisis de las necesidades de los consumidores. En esta teoría, el mercado es visto como la principal fuente que desencadena el proceso de innovación. Este modelo se denomina *market-pull* (o *demand-pull*), y supone el progreso de la tecnología orientada, en primer lugar, hacia una necesidad específica del mercado y sólo, de forma secundaria, hacia el incremento del rendimiento tecnológico (Fig. 2). Aquí el mercado es el que impulsa la I+D.



Fig. 2. Modelo *market-pull*. [13]

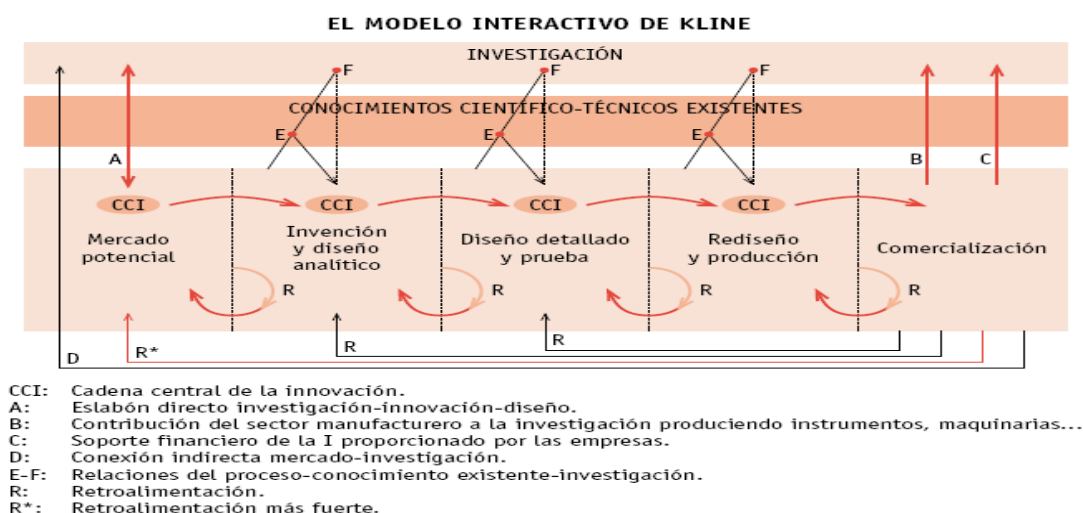
En estas dos primeras generaciones de teorías se puede observar la dicotomía entre la investigación, o ciencia básica, y la aplicada, que ha llevado a posturas diferentes acerca de cuál es la impulsora de la innovación. Bush [14] manifiesta que "la investigación básica es el marcapasos del progreso tecnológico", y además asegura que entre investigación básica y aplicada, uno debería elegir la primera, ya que la segunda deriva de esta. En contraposición, Stokes [15] argumenta que muchas investigaciones básicas están inspiradas por el futuro uso de los descubrimientos. Postula que el flujo entre ellas es el que permite el desarrollo de la ciencia y la tecnología, proponiendo un modelo dinámico. Cantisani [16] asegura que las consideraciones del modelo dinámico, propuesto por Stokes, son principalmente importantes en países emergentes o en desarrollo, donde normalmente hay una amplia brecha entre los actores de la investigación básica (i.e. universidades e instituciones ad hoc) y los de la investigación aplicada (i.e. empresas). Muchas veces las empresas están interesadas solamente en los conocimientos técnicos (*know-how*) y, para ellas el saber por qué se debe hacer de cierta manera (*know-why*) a veces es irrelevante, tal vez por una deformación simplificatoria.

#### 3.3 Modelo interactivo

A partir de la segunda mitad de la década de los ochenta se comienza a considerar que las fases de la innovación tecnológica, sobre todo desde el punto de vista operativo o de gestión, deben ser

consideradas mediante procesos no secuenciales sino mediante procesos simultáneos o concurrentes. Es decir, como una serie de etapas interdependientes, y con retroalimentación entre sí. Las conexiones dentro de la organización y las influencias externas generan una red compleja, ligando la empresa, la comunidad tecnológica y científica y el mercado [17].

En este período el modelo más renombrado fue el “modelo interactivo” [18] que añade a los modelos tradicionales una serie de bucles o retroalimentaciones de comunicación desde el mercado hacia la empresa, así como otros bucles de comunicación “hacia atrás” entre los diferentes departamentos de esta. Este modelo responde mucho mejor a lo que sucede en la realidad y, además, tiene en cuenta los circuitos de entrada de información de tipo “informal” - conocimiento tácito-, que son la base de la mayor parte de las innovaciones. Según este modelo existe un camino o cadena central de la innovación, compuesta por cinco actividades (véase Fig. 3): 1) estudios de mercado; 2) invención o diseño analítico; 3) diseño detallado y prueba; 4) rediseño y producción; y 5) distribución y venta. La cadena central de la innovación se encuentra en permanente interacción con el área de investigación y con la de conocimiento; en cada etapa del proceso se recurre a los conocimientos existentes y si resultan insuficientes se generan las actividades de investigación precisas, siempre en una permanente interrelación multidireccional. Por lo cual, la fluidez de la comunicación a nivel interno de la empresa, y sobre todo a nivel externo (mercado, clientes), tiene una importancia fundamental. Por otra parte, los múltiples bucles y realimentaciones entre las partes del modelo hacen que sea un proceso difícilmente sistematizable y estructurable [19].



**Fig. 3. Modelo interactivo de Kline. [13]**

### 3.4 Modelo de integración funcional

En este marco, las industrias involucran las diversas funciones de la firma, que son responsables del proceso de diseño y desarrollo del nuevo producto, en un modo paralelo, en vez de secuencial. La característica principal de este planteamiento es la integración funcional alrededor de un proyecto para combinar las capacidades de los diversos especialistas y para reducir el tiempo que toma el proceso completo [20]. Es decir, un desarrollo paralelo de las distintas áreas de la empresa (e.g. I+D, producción, otras), simultáneamente involucradas en la actividad innovadora. A su vez, se tiene mayor consideración del importante rol de clientes y proveedores en la cooperación, y la colaboración con los competidores, en forma de empresas conjuntas y alianzas estratégicas [21].

### 3.5 Modelo de integración de sistemas

Esta teoría se basa en el modelo de integración de funciones, pero enfatiza la necesidad de un cambio continuo. Establece una red de proveedores, clientes y otras firmas para aprovechar toda la información disponible, tanto pública como privada. La eficacia y la velocidad dependen principalmente de la comunicación continua a través de la red de la innovación.

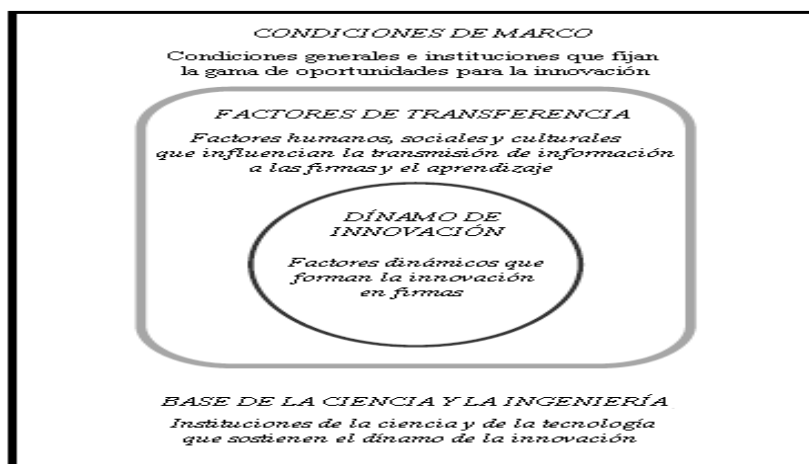
### 3.6 Sistemas de innovación. Generación actual

Siguiendo la evolución de conceptos y teorías desarrolladas hasta el momento, nos hallamos ante la generación de un nuevo modelo que trata el proceso global como *sistemas de innovación*. Esta teoría relaciona la política de los actores involucrados con la capacidad de innovar en las organizaciones, que sucesivamente afecta a la riqueza de la nación [22, 9], a la vez que intenta identificar los efectos sociales y económicos del proceso, además de los agentes que lo afectan.

Los sistemas de innovación se centran en el flujo de conocimiento a nivel personal, regional o nacional. Este flujo del conocimiento incluye la interacción institucional entre los agentes del sistema (e.g. empresas, universidades, institutos de investigación, gobiernos), soporte político del gobierno (en cuanto a legislación, finanzas, infraestructura, entre otras), características del mercado (como su tamaño y sofisticación) y actividades de la empresa (e.g. inversión en nueva tecnología, investigación interna y desarrollo, I+D, y diseño de nuevos procesos) [9, 2, 22, 23,10].

El esquema de la Fig. 4 muestra los cuatro dominios generales del terreno político de la innovación, modelo creado por la OCDE (Organización para Cooperación Económica y Desarrollo); ellos son:

- Las *condiciones de marco*: de los factores nacionales, institucionales y estructurales (e.g. legal, económico, financiero, y educativo) fijando las reglas y la gama de oportunidades para la innovación;
- La *base de la ciencia y la ingeniería*: el conocimiento acumulado y las instituciones de ciencia y tecnología que sostienen la innovación proporcionando el entrenamiento tecnológico y el conocimiento científico, por ejemplo;
- Los *factores de transferencia*: son aquellos que influyen fuertemente la efectividad de los acoplamientos, interacciones, de los flujos de información y habilidades, y absorción del aprendizaje, que son esenciales para la innovación. Estos son factores o agentes humanos, cuya naturaleza es fuertemente determinada por las características sociales y culturales de la población;
- El *dinamo de la innovación*: es el dominio central de la innovación, abarca factores dinámicos, dentro o inmediatamente fuera de la firma, que afectan directamente su capacidad innovadora.



**Fig. 4. Terreno político de la innovación – mapa de cuestiones. [3]**

En 1992, la OCDE publicó una primera versión del Manual de Oslo [4, 24, 25] con dos objetivos principales: asistir a principiantes en el terreno de la innovación y proporcionar un marco dentro del cual puedan ser comparables los resultados de sus investigaciones. Para ello, se definieron explícitamente conceptos claves relacionados con la innovación y procedimientos de medida y revisión de indicadores. Varios países adoptaron las recomendaciones del Manual de Oslo de inmediato, permitiendo la homogeneidad deseada a la hora de realizar análisis.

Otro marco teórico utilizado en la literatura es el *diamante nacional* (Fig. 5) propuesto por Porter [7]. Este modelo agrupa los elementos que forman el sistema nacional de la innovación en cuatro atributos:

1. *Condiciones de factor*: la posición de la nación en factores de producción, tales como trabajo especializado o la infraestructura necesaria para competir en una industria dada.
2. *Condiciones de la demanda*: la naturaleza de la demanda interna del producto o servicio de la industria.
3. *Industrias relacionadas y de soporte*: la presencia o ausencia en la nación de industrias proveedoras que sean internacionalmente competitivas.
4. *Estrategia, estructura, y competitividad de empresas*: las condiciones nacionales que gobiernan el modo en que las compañías son creadas, organizadas y administradas, y la naturaleza de la competitividad nacional.

Porter agrega a esos cuatro elementos principales otros dos factores, *gobierno* y *posibilidades (oportunidades/amenazas)*, que pueden influenciarlos de un modo u otro. Por ejemplo, el gobierno

puede apoyar un sector industrial a través de políticas de regulación, educativas o financieras. Por su parte, hay circunstancias que están fuera del control directo de las empresas o el gobierno (por ejemplo, desastres físicos o escasez de recursos), es decir, se presentan como amenazas. También es posible que aparezcan como oportunidades para la nación, según como se manejen y en que medida están preparadas para reaccionar de una manera positiva.

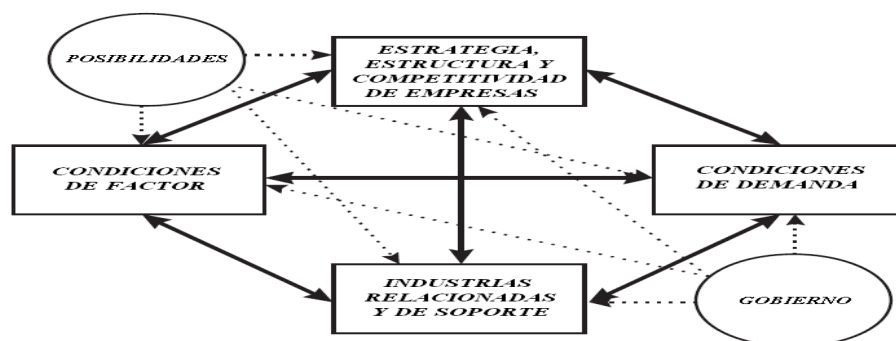


Fig. 5. Diamante nacional [7]

#### 4. DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN

Diversos planteos han sido propuestos para explicar los factores que provocan (podría decirse “obligan”) a la innovación en las diferentes áreas de una organización, ya sea a nivel de la empresa, el sector industrial o el estado. Cooper [26] señala cuatro promotores de la innovación, entre ellos, los avances tecnológicos, las intensificadas y cambiantes necesidades de los usuarios, los ciclos de vida de los productos, cada vez más cortos, y el aumento de la competencia mundial. Asumiendo que estos seguirán siendo importantes, al menos en un futuro próximo. En tal sentido, Utterback observa a la innovación como un ingrediente de vida o muerte para las empresas. Señala que estas deberán ir creando innovaciones incrementales, a fin de satisfacer las demandas del mercado actual [27]. A la vez que, para garantizar su supervivencia a largo plazo, dependerán de innovaciones radicales que permitan reinventar su negocio y mercado. Si no lo hacen, otros ocuparán su lugar o quedarán fuera de juego por estrictas regulaciones ecológicas.

Las innovaciones radicales pueden crear una discontinuidad con el pasado -en términos de Schumpeter, una "destrucción creativa"- que afectan a toda la estructura del flujo de conocimientos y puede resultar en el dominio, temporario, del innovador en el mercado [27]. Sin embargo, estos puntos de vista son contrarios a los de muchos accionistas, que están interesados en beneficios a corto plazo y se resisten a inversiones de alto riesgo en tecnologías aún no probadas. Otros añaden a este argumento, que incluso las empresas grandes se enfrentan a la suerte de desaparecer si no generan innovaciones radicales acordes a la próxima generación de productos y mercados [28]. El destino de las pequeñas empresas puede ser aún peor, ya que carecen de la protección que tienen las mayores: una gran base de recursos.

Otros investigadores hablan de un conductor más amplio para la innovación: el motor socio-económico para el crecimiento. Desde diferentes perspectivas [23, 7, 8 y 29] se ha planteado que la innovación es uno de los principales contribuyentes al crecimiento, en bienestar económico, a través del tiempo. Sundbo [22] agrega que las principales innovaciones son la razón de los ciclos económicos mundiales. Por todo lo anterior, no es de extrañar que los gobiernos traten de promover la innovación, con el fin de resolver los problemas económicos y sociales de sus países y regiones, fomentándola a través de acciones comunitarias y regímenes para su protección (véase, por ejemplo, *Green Paper on Innovation*, realizado por la Comisión Europea [1] y *National Innovation Systems* de la OECD [2]).

El análisis de las variables que influyen en el grado de innovación dentro de una organización, puede separarse de acuerdo a determinantes internos, por un lado, y aquellos específicos del contexto externo, por otro. En los apartados subsiguientes se presentan las diversas posturas encontradas en la literatura acerca de tales factores.

##### 4.1 Factores internos. Influencia de la cultura organizacional

Entre los principales factores internos se pueden mencionar: a) las características generales de la organización; b) las estrategias globales; c) la estructuración de sus actividades; d) las actividades de control; e) la cultura; f) el equipo de dirección superior; y g) sus activos funcionales y estrategias. En cuanto a las variables relacionadas con la estructura de la organización, su cultura y equipo de dirección superior, como determinantes de la capacidad innovadora, se han hecho varias inferencias y sus efectos suelen ser confusos. Diversos autores [30, 31 y 32], trataron el

efecto del formalismo estructural y la toma de decisiones centralizada en la innovación. Proponen que el formalismo (también llamada dimensión *formalización*) permite que compañías jóvenes clarifiquen sus roles y reduzcan la ambigüedad, facilitando la concentración de sus esfuerzos y recursos limitados. Además, la centralización, lejos de la jerarquía burocrática, dará a sus miembros la libertad necesaria para promover la eficacia e innovación. Sin embargo, prosiguen, en una compañía más antigua, el ensanchamiento del espectro de actividades y el establecimiento de una larga cadena de mando, debilitan su capacidad innovadora, debido a formalismos complejos y centralización excesiva. Por otra parte, las organizaciones con aversión al riesgo [33] o aquellas con cierta apatía organizacional, generalmente evitan los cambios. Relación con los involucrados (*stakeholders*), flexibilidad, comunicación intensa y coordinación suelen ser claves para incrementar las capacidades de innovar. Otros estudios publicados sobre determinantes de la cultura organizacional sugieren que la innovación está positivamente correlacionada con la implementación de una gestión de calidad total [34] y sistemas de mejora continua [35].

Con respecto al equipo de dirección, ciertos estudios [e.g. 36, 37] han encontrado una influencia importante de las características de los ejecutivos, en la capacidad innovadora de su firma. Un emprendedor con un liderazgo transformacional y una alta necesidad de logro, a menudo pone objetivos provocativos, siempre procura hacer mejor las cosas y no vacila en emprender proyectos innovadores. También, la percepción de los administradores sobre las repercusiones de la innovación (acerca de ganancias proyectadas, reducción de costos, mejora de la posición competitiva, entre otras) es un factor poderoso que influye en la actitud innovadora que adoptará la organización. Otros afirman que las interpretaciones de sus directivos pueden interferir en el proceso de cambio, considerando la innovación como una amenaza más que como refuerzo de las estrategias corrientes [38, 39].

#### **4.2 Factores externos. Influencia del contexto**

Los factores contextuales –del entorno significativo al que pertenece la organización- tienen un gran impacto en la determinación de sus estrategias, estructura y comportamiento. Entre ellos se encuentran: a) la industria / sector a la cual la firma pertenece; b) la región donde está localizada; c) la red de relaciones con el resto de los actores de su ambiente; d) la adquisición de conocimiento y tecnologías; e) políticas del gobierno y sector público; y f) la cultura circundante.

El efecto significativo del sector o industria y las características regionales (demanda, estructura, tecnología, entre otras) en la capacidad innovadora, es extensamente mencionado en diferentes investigaciones. Entre los aspectos abordados en los estudios, la proximidad a socios potenciales (e.g. proveedores, clientes, universidades, centros de I+D y entidades financieras) influye considerable y positivamente en la innovación [40]. Tal proximidad facilita la transferencia de conocimiento tácito, reduce los gastos de comunicación, facilita interacciones personales, se desarrollan fondos de inversiones y capital social entre socios, que reducen el riesgo e incertidumbre relacionados con la innovación [23, 41].

Como se mencionó antes, otras variables contextuales, como la adquisición de conocimiento y tecnología, las políticas del gobierno y el sector público y la cultura donde está inmersa la organización, son determinantes potenciales de la innovación. Las dos primeras, para ser efectivas, dependen de la capacidad de absorción. Las organizaciones que son capaces de asimilar, adaptar y transformar el conocimiento adquirido y las tecnologías, tienen mayores posibilidades de utilizarlos para innovar [42]. Los niveles de innovación y competitividad dependen, principalmente, de la eficacia con la cual las organizaciones se benefician del acceso a fuentes externas de conocimiento tecnológico y habilidades [18]. Respecto a las políticas del gobierno (como por ejemplo: fomentar ciertos sectores, sustituir importaciones, dar respaldo financiero, y muchas otras) se afirma que promueven notablemente la innovación.

Becheikh et al. [42] sugieren que es importante enfatizar el rendimiento excepcional de las redes de conexión (*clustering*) como determinantes en la innovación. La interacción con usuarios, proveedores, universidades, centros de investigación y otros actores del ambiente, siempre es positiva. Estas ayudan a la organización a cubrir vacíos de información, conocimiento científico, recursos y competencias [41]. Las organizaciones, entonces, colaboran a fin de adquirir recursos y habilidades que no pueden producir internamente. En actividades tecnológicas, las redes y alianzas son las fuentes principales de innovación. Una explicación a esto consiste en que la conexión de I+D, dentro de redes bien organizadas, realza las actividades de innovación de las partes en cooperación, y así aumenta la probabilidad de realizar mejoras. En términos de insumos –incluyendo en ellos la información- e innovación, las firmas contemplarán a sus socios para el aporte de recursos y capacidades tecnológicas

necesarias, maximizando su valor con la eficacia en la combinación de recursos complementarios. Por lo tanto, existe una relación favorable entre colaboración y rendimiento en las innovaciones.

Por otro lado, la colaboración vertical (con clientes y proveedores) permite adquirir conocimientos relevantes sobre nuevas tecnologías, mercados y mejoras de proceso [43]. Además tiene un impacto aún más significativo tanto en innovación de producto como de proceso. Más allá de ello, se advierte que los esfuerzos innovadores que apuntan al producto están asociados con la colaboración de los usuarios. Los proveedores, por su parte, son también fuentes valiosas de información para desarrollar o mejorar productos o servicios. En particular, para reducir los riesgos y tiempos de producción, realzando la flexibilidad, calidad y adaptabilidad al mercado [44]. En tal sentido, juegan un papel destacado las organizaciones de investigación (como universidades e institutos tecnológicos) que proveen buena cantidad de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos.

Complementariamente, se afirma que la experiencia en redes de colaboración tendrá un efecto acumulativo en la gestión de acuerdos cooperativos. La literatura en aprendizaje organizacional muestra que las organizaciones repetidamente contratadas para una actividad determinada, aprenden de la experiencia y acumulan tal conocimiento. Este argumento es también válido en el contexto de las alianzas, es decir, subsecuentemente se tendrán efectos positivos en el rendimiento de las mismas; dado que se irán desarrollando y estableciendo rutinas, políticas y procedimientos basados en sus experiencias. Las organizaciones deben sostener la interacción a través del tiempo, aumentando el entendimiento compartido y los modos comunes de trabajar juntos. [45] sugiere que las interacciones intensas y sostenidas, entre organizaciones y con fuentes externas de información tecnológica, aumentan la probabilidad de generar innovaciones gradualmente mayores.

## **5. IMPEDIMENTOS PARA LA INNOVACIÓN**

Las investigaciones han conducido a determinar la existencia de diversos agentes que pueden impedir o dificultar la innovación, en los distintos aspectos que esta abarca. Entre ellos, los más fáciles de detectar y contrarrestar son los económicos y administrativos. En cambio, los correspondientes al comportamiento de los individuos en un grupo, no suelen ser claros y se dificulta su solución. Esto se debe a que generalmente se dan tendencias paradigmáticas, acentuadas en grupos grandes y de mucha permanencia, que son factores culturales. El cambio de ciertas perspectivas implicaría transformar conductas psicosociales, que muchas veces están fuertemente arraigadas.

Para comprender como actúan estos factores -más allá de clasificarlos- es, en principio, muy importante o clave conocer las relaciones entre ellos. Además, es común que una decisión quede en manos de individuos, que pueden buscar mantener el *status quo*, evitando los cambios, y así, restringiendo el poder potencial de las innovaciones. A continuación se analizarán ciertos factores que inhiben el proceso de innovación, acoplado inferencias encontradas en diversas investigaciones.

### **5.1 Mitigar el riesgo**

Es de interés examinar cómo la aversión al riesgo y al cambio puede actuar como barreras, tanto para el aprendizaje y transferencia del conocimiento, como para la innovación. La incertidumbre que inevitablemente conlleva poner en práctica procesos nuevos, con resultados desconocidos, puede provocar el mantenimiento de una cultura corporativa contraria al cambio.

Weick [46] sugiere que las organizaciones en las cuales la fiabilidad es una cuestión más preponderante que la eficacia, a menudo tienen problemas únicos en aprendizaje y entendimiento. Además, sostiene que si estos problemas no se resuelven, el desempeño organizacional puede ser negativamente afectado. Muchas veces el éxito continuado de algunas empresas provoca un exceso de confianza, que entorpece las percepciones y actitudes hacia los cambios, terminando así en una cultura de control, formalización y rutina -caracterizada por "hacer lo seguro"- y que difícilmente apoyará la innovación. Las iniciativas corporativas quedan congeladas en una condición de inacción, donde la compañía podría dejar de alinearse con su entorno, lo que sería un riesgo nuevo e involuntario. Es decir, las medidas de mitigación al riesgo podrían comprometer su capacidad de adaptación. Como señala el autor, existe otro riesgo que tiene que ver con impedir el flujo de ideas nuevas y procesos asociados con el aprendizaje o conocimiento. Este es el riesgo que debe ser visto como crítico, para un adecuado funcionamiento de la organización.

En aquellas organizaciones que fijan la seguridad y fiabilidad como sus mayores prioridades, las ideas nuevas y/o no probadas, pueden ser vistas como riesgos inaceptables para la misión de la empresa. Tomando el principio precautorio como un mecanismo para apoyar el *status quo*, como una condición conocida, segura y confiable. Sus miembros consideran un resultado previsible, basado en experiencias pasadas, más valioso que el aprendizaje por descubrir modelos a través de un marco estratégico y luego facilitar la transferencia del conocimiento resultante a todas las áreas de la firma. Esta preferencia por contar con el pasado, como un indicador para equilibrar los riesgos asociados con nuevas y futuras orientaciones, contradice las conclusiones de Friedman et al. [47], en cuanto al aprendizaje organizacional. Al respecto, sugieren que “aprender a aprender” requiere suspender la necesidad de control y previsibilidad, a fin de adquirir hábitos de indagación y experimentación, captando la experiencia de sus miembros como individuos y como grupo. Además, sostienen que tal capacidad implica un proceso que es fuertemente influenciado por el contexto organizativo específico. Por lo tanto, en un mundo que se ha vuelto turbulento, incierto, imprevisible... los precedentes son de poca ayuda para la acción presente y futura [48].

Con todo lo anterior, se concluye que es imprescindible la tolerancia al riesgo y al cambio, ya que permiten la resolución de problemas a través de caminos alternativos; siendo la innovación la mejor perspectiva para un adecuado desempeño.

## **5.2 Adopción mimética**

Una estrategia innovadora puede ser imitada porque el hecho de que los otros la hayan adoptado supone que la creen provechosa. La tendencia imitativa se verá fortalecida mientras menor sea la información que se disponga. Se tenderá a sobreestimar el valor de innovaciones ajenas, lo que entorpece el juicio crítico. Esto bloquea la capacidad creativa, y por ende acota el panorama de alternativas. Siempre es posible ir más allá de la simple imitación y generar comportamientos innovadores. En otras palabras, existen cuantiosas alternativas, aún para explotar una misma estructura. La adopción mimética es, por lo tanto, una forma limitada de aprendizaje organizacional, basada simplemente en la experiencia de otros. Las organizaciones que sólo adoptan el comportamiento de otras, pasan por alto el papel de la experimentación y búsqueda.

## **6.LA INNOVACIÓN COMO GENERADORA DE CAMBIOS Y EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL COMO HERRAMIENTA ESENCIAL**

Las innovaciones suelen presentar problemas cognitivos importantes cuando implican nuevos conceptos principales o nuevas relaciones entre ellos, pudiendo provocar dificultad en su adopción. Las organizaciones con rutinas y prácticas fuertemente establecidas afrontan una difícil tarea en el intento de incorporar el cambio en medio de la continuidad. Una práctica establecida tiene poca ambigüedad en su ejecución y una historia conocida de retornos, mientras que una innovación tiene un futuro poco predecible. Por ello las organizaciones tienden a confiar ciegamente en las actividades que han hecho bien en el pasado y están estructuradas para explotar las prácticas que consideran competitivas. Dado que el comportamiento innovador tiene consecuencias tanto a corto como largo plazo, es difícil evaluarlas para identificar soluciones óptimas. Por lo que la toma de decisiones suele depender de simplificada regla de seleccionar la primer alternativa que satisfaga sus criterios. La habilidad de utilizar las innovaciones como armas competitivas incentiva a las organizaciones a desarrollar la capacidad de generarlas ellas mismas o, al menos, entender y absorber las de sus competidores [49].

El concepto de aprendizaje organizacional ha evolucionado ampliamente, y ha sido tratado desde múltiples dimensiones. Ciertos autores [50] proponen que el aprendizaje permite a las organizaciones adaptarse a sus ambientes respectivos, y al mismo tiempo, desarrollar una ventaja competitiva sostenible. Esta ventaja es expresada en las capacidades organizativas asociadas con la visión basada en recursos, fundamentada en una serie de procesos concernientes al aprendizaje, adquisición, aplicación y gestión del conocimiento. Esa gestión del conocimiento se refiere a la capacidad dinámica e interpretativa de una organización para reconocer, adaptar, transformar, operar y aplicar el conocimiento adquirido de un contexto (interno o externo) a otro, de forma que genere valor para la organización. Implica transformar la información en conocimiento valioso, y facilitar su fluidez dentro de, o entre, todas las áreas de la organización. Es decir, lograr un sentido e intereses compartidos por los miembros de la organización.

## **7.1 Capacidad innovadora y teoría evolutiva**

La capacidad innovadora es en gran parte dependiente del conocimiento acumulativo, construido durante muchos años de experiencia. La perspectiva evolutiva ve la innovación como un proceso dinámico que se desarrolla a través del tiempo con diferentes trayectorias y modelos para cada organización. En este proceso, la firma acumula conocimiento variado –entre ellos, el tecnológico- y forma su base de recursos y capacidades para la innovación. Por lo tanto, tal capacidad es



determinada por su historia y experiencia. Cohen y Levinthal [49] acuñan el término "capacidad de absorción" para explicar tal proceso; y añaden que es dependiente del conocimiento previo.

La teoría evolutiva se enfoca en el análisis del conocimiento tácito, complejo y sistémico. Estas dimensiones, junto con su naturaleza acumulativa, generan capacidades difíciles de transmitir, ya que la transferencia del conocimiento tácito implica la educación y entrenamiento continuos, que sólo serán posibles con la colaboración de la organización que las posee. Esto convierte al conocimiento en un activo exclusivo de cada organización. Por consiguiente, es muy difícil transmitir tales innovaciones a organizaciones que no se han sometido a este tipo de acumulación a lo largo de su historia. Esto lo convierte al conocimiento en un activo estratégico, una fuente de ventaja competitiva importante, con un mayor valor que la simple suma de sus partes [51].

## 7.2 Aprendizaje y teoría basada en recursos

Entre todos los recursos que posee una organización, son fundamentalmente importantes sus activos intangibles. Estos son específicos, imperceptibles y no aparecen en las declaraciones financieras de la organización. Pueden explicar en alto grado las diferencias en rentabilidad de empresas en la misma industria. Sus ventajas derivan de estar basados en la información, y por lo tanto, susceptibles a usos alternativos y simultáneos sin depreciación, enriquecidos por la experiencia y difícilmente reproducibles por otras organizaciones, dada su naturaleza frecuentemente tácita y compleja y su generación lenta, acumulativamente, a lo largo de tiempo.

Entre los intangibles se encuentran: el conocimiento de los miembros, su experiencia y habilidades, la reputación e imagen de la organización, los recursos tecnológicos, la capacidad de gestión, los procedimientos organizativos y su cultura. En cuanto a ellos, el punto de vista basado en recursos, presta gran importancia a la capacidad tecnológica de la firma. Esto indica que la capacidad innovadora no surge simplemente de la habilidad en la explotación de tecnologías externas, fácilmente accesibles para los competidores y por lo tanto, insuficientes para sostener una ventaja competitiva. En cambio, esta ventaja proviene de la generación de innovación interna, que implica contar con recursos tecnológicos heterogéneos y específicos, y la capacidad para generar otros nuevos y construir la competencia tecnológica básica. Las características de estos recursos, junto con su escasez, permiten que la organización se diferencie de otras, y tal diferenciación debe ser mantenida en el tiempo a través de la inversión continua en innovación, ya que es un proceso acumulativo.

Prahalad y Hamel [52] consideran como competencia principal la capacidad de coordinar e integrar diferentes tipos de conocimientos. Además resaltan que, a largo plazo, el espíritu competitivo derivado de la posibilidad de creación, será menos costoso y más rápido que el de sus competidores; y estas tecnologías y habilidades esenciales darán lugar a productos absolutamente innovadores. En definitiva, los factores internos mencionados, sobre todo aquellos activos intangibles, proporcionan una perspectiva fundamental para realizar un verdadero análisis estratégico de la innovación tecnológica. Resaltando que esos recursos son valiosos, escasos, no se deprecian con el uso y no son fácilmente transferibles ni imitables. Así se enfatiza la importancia de la innovación como fuente de ventaja competitiva vinculada con la sostenibilidad.

## 8 CONCLUSIONES

Una revisión de la literatura teórica en *innovación* permite amplias cuestiones de análisis, dado que el proceso innovador admite numerosos enfoques. En principio, la innovación es identificada como uno de los factores centrales del crecimiento multidimensional en las sociedades, siendo el comportamiento innovador una actividad estratégica en las empresas, OSCs y en los diferentes niveles de gobiernos locales, regionales y nacional. Los ejes principales de su valor interés son: la creación de conocimiento a través de la investigación y el diseño y el consecuente desarrollo de productos/procesos/servicios y su éxito en el mercado/la sociedad, a fin de lograr un desarrollo socio-económico sostenido y sostenible (económico, ambiental, social).

En su desarrollo han operado diversos modelos (technology-push, market pull, interactivo, de integración funcional y de sistemas), aunque actualmente se valora preferentemente el modelo de *sistemas de innovación*, que sintetiza aportaciones de los anteriores y hace manifiesta la complejidad de factores, actores y relaciones que la promueven y potencian, debiendo el Estado, las universidades y las empresas avanzar en ampliar y profundizar las políticas y programas para colocar a la innovación en un lugar clave de la agenda de crecimiento, competitividad, desarrollo y sostenibilidad. En tal sentido, los modelos de la OCDE y del *diamante nacional* de Porter explicitan factores claves a ser considerados para el diseño de políticas macro y relaciones entre los actores claves del proceso. Complementariamente, emerge de tales aspectos la necesidad de estudiar sistemáticamente los promotores centrales de la innovación (los avances tecnológicos, las



necesidades de los usuarios, los ciclos de vida de los productos/servicios y la competencia mundial) a los fines de interpretar sus lógicas y relaciones, vinculadas a la dinámica del proceso innovador micro y macro.

Este amplio panorama de perspectivas y tendencias, genera un campo complejo de alternativas para lograr un espíritu innovador vinculado con la necesaria reingeniería y rediseño obligados por la ubicación del concepto **sostenibilidad** en el centro de la escena organizacional y social. En tal sentido, los administradores deben alentar los procesos de innovación especialmente vinculada a la sostenibilidad (lo que amerita el desarrollo de una conciencia particular y un reaprendizaje en los modos de diseñar, organizar y usar recursos) con una definición clara y precisa de sus estrategias de diferenciación, profundizando las capacidades distintivas de la organización. El crecimiento económico y el equilibrio en los ecosistemas está cada vez más conectado con la generación y la aplicación de nuevos conocimientos y conciencias. En tal sentido, una cultura organizacional sensible a la innovación, el equipo de dirección superior y la implantación de políticas de mejora continua, suelen ser tomados como determinantes de la capacidad innovadora, así como son clave la flexibilidad, la comunicación intensa, la coordinación y la capacidad de absorción que potencialmente poseen los cuadros gerenciales e intermedios. Cuando en ellos prima la aversión al riesgo (fijando la seguridad y la fiabilidad como sus mayores prioridades) o la apatía es más probable que no se desarrolle sistemáticamente (con sus ventajas) sino sólo aparezcan eventos innovadores esporádicos.

Las relaciones que se establezcan con los involucrados/*stakeholders* es un aspecto estratégico en lo interno-externo, pues son una fuente de innovación continua y muy exigente para la organización, tanto en sus procesos internos como en sus productos/servicios. El aumento de la conectividad, interacciones significativas y la cooperación (horizontal y vertical) con los actores involucrados también es destacado en la literatura.

Estas demandas hacen de la comunicación y las redes de colaboración un activo absolutamente necesario para mejorar las capacidades de innovación de las organizaciones, ya que incrementan los recursos e información necesarios. Estas iniciativas podrían ser potenciadas y apoyadas estableciendo una red de relaciones y contratos estratégicamente planeados, especialmente con universidades y centros de investigación, que les aseguren acceso a información y conocimiento clave y relevante para el desarrollo de sus estrategias y ventajas competitivas sustentables.

En cualquiera de los aspectos tratados se observa la importancia del aprendizaje organizacional como herramienta clave. Diferentes perspectivas apoyan este planteo: la perspectiva evolutiva concibe el proceso innovador, como acumulativo, caracterizado por una naturaleza tácita, complejo y sistémico, y dependiente de la combinación de muchos factores; por su parte, la otra visión revela la importancia de los recursos internos, sobre todo los intangibles, para el espíritu competitivo y la conciencia sostenible.

Claro que, debemos advertir, es necesario que tales innovaciones y progresos a los que se hace referencia sean valorados y analizados en un marco más amplio que incluyan necesariamente los aspectos éticos, de responsabilidad social y sustentabilidad social-ambiental, para no reforzar acríticamente el devenir de cierta lógica exclusiva de maximización de ganancias de los operadores económicos y desarrollar condiciones más propicias para un mundo también más humano y solidario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sábato, J. A. (2004) *Ensayos en Campera*. Universidad Nacional de Quilmes. Editorial Bernal. Buenos Aires.
- [2] EU / European Union (1995). *Green Paper on Innovation*. European Commission, Brussels.
- [3] Oecd (1997a). *National Innovation Systems*. OECD, Paris.
- [4] Oecd (1997b). *Oslo Manual. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*. OECD, Paris.
- [5] Von Hippel, E. (1988). *The Sources of Innovation*. Oxford University Press, New York.
- [6] Jelinek, M., Schoonhoven, C.B. (1990) *The Innovation Marathon*. Jossey-Bass, San Francisco.
- [7] Porter, M.E. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*. Macmillan, New York.
- [8] Freeman, C., Soete, L. (2007) *The Economics of Industrial Innovation*. Pinter, London.

- [9] Edquist, C. (1997). Systems of innovation approaches - Their emergence and characteristics. EN: Edquist, C., *Systems of Innovation. Technologies, institutions and organizations*. Oxford Univ. Press. Pinter, Canada.
- [10] Nelson, R.R., Rosenberg, N. (1993). Technical innovation and national systems. En: Nelson, R.R. (Ed.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford University Press, Oxford.
- [11] Molero, J. (1990). Economía e innovación (hacia una teoría estructural del cambio técnico). *Economía Industrial*, vol. 275, pp. 39–54.
- [12] Rothwell, R. (1994a). Towards the fifth-generation innovation process. *International Marketing Review*, vol. 11, no. 1, pp. 7–31.
- [13] Comunidad de Madrid (2000) La Innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas. Dirección General de Investigación, Comunidad de Madrid.
- [14] Bush, V. (1990). *Science - The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*. National Science Foundation. Washington D.C.
- [15] Stokes, D.E. (1997). Pasteur's Quadrant - Basic Science and Technological Innovation. Brookings Institution Press, Washington, DC
- [16] Cantisani, A. (2006). Technological innovation processes revisited. *Technovation*, vol.26, pp. 1294-1301.
- [17] Rothwell, R., Zegveld, W. (1995). *Reindustrialisation and Technology*. Longman, New York.
- [18] Kline, S.J., Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En: Landau, R., Rosenberg, N. (Eds.). *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academic Press, Washington D.C.
- [19] Benavides, C.A. (1998). *Tecnología, Innovación y Empresa*. Pirámide, Madrid.
- [20] Imai, K., Nonaka, I., Takeuchi, H. (1985). Managing the new product development. EN: Clark, K., Hayes, F. (Eds.). *The Uneasy Alliance*. Harvard Business School Press.
- [21] Tanayama, T. (2012). *Empirical Analysis of Processes Underlying Various Technological Innovations*. Julkaisija-Utgivare, Helsinki.
- [22] Sundbo, J. (1998). *The Theory of Innovation. Entrepreneurs, Technology and Strategy*. Edward Elgar, Aldershot.
- [23] Lundvall, B.A. (1992). User-producer relationships, national systems of innovation and internationalisation. En: Lundvall, B.A. (Ed.). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, pp. 45–67. Pinter Publisher, London,
- [24] Oecd (1992) *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual*. OECD, Paris.
- [25] Oecd (1999) *Managing National Innovation Systems*. OECD, Paris.
- [26] Cooper, R.G. (1993). *Winning at New Products, second ed. Accelerating the Process from Idea to Launch*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.
- [27] Utterback, J.M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Harvard Business School Press.
- [28] Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K. (2015). *Managing Innovation. Integrating Technological, Market and Organizational Change*. Wiley, New York.
- [29] Stoneman, P. (1995). *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Blackwell, Oxford.
- [30] Van De Ven, A.H. (1986). Central problems in the management of innovation. *Management Science*, vol. 32, pp. 590–607.
- [31] Walsh, J.P., Dewar, R.D. (1987). Formalization and the organizational life cycle. *Journal of Management Studies* vol. 24, pp. 215–231.
- [32] Koberg, C.S., Uhlenbruck, N., Sarason, Y. (1996). Facilitators of organizational innovation: the role of life-cycle stage. *Journal of Business Venturing*, vol. 11, pp. 133–149.
- [33] Cyert, R.M., March, J.G. (1963) *A Behavioral Theory of the Firm*. Enalewood Cliffs. Prentice-Hall, NJ.
- [34] François, J.P., Favre, F., Negassi, S. (2002). Competence and organization: two drivers of innovation. A microeconomic study. *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 11, no. 3, pp. 249–270.
- [35] Motwani, J., Dandridge, T., Jiang, J., Soderquist, K., (1999). Managing innovation in French small and medium-sized enterprises. *Journal of Small Business Management*, vol. 37, no. 2, pp. 106–114.
- [36] Jung, D.I., Chow, C., Wu, A. (2013). The role of transformational leadership in enhancing organizational innovation: hypotheses and some preliminary findings. *The Leadership Quarterly*, vol. 14, pp. 525–544.
- [37] Morris, M.H., Avila, R.A., Allen, J. (1993). Individualism and the modern corporation: implications for innovation and entrepreneurship. *Journal of Management*, vol. 19, no. 3, pp. 595–612.

- [38] Staw, B.M., Sandelands, L.E., Dutton, J.E. (1981). Threat rigidity effects in organizational behavior: A multilevel analysis. *Administrative Science Quarterly*, vol. 26, pp. 501-524.
- [39] Ocasio, W. C. (1995). The enactment of economic adversity: A reconciliation of theories of failure-induced change and threat-rigidity. En: L.L. Cummings and G.M. Staw (eds.), *Research in Organizational Behavior*, vol.17, pp. 287-331. JAI Press, Greenwich, CT.
- [40] Uzun, A. (2001). Technological innovation activities in Turkey: the case of manufacturing industry, 1995–1997. *Technovation*, vol. 21, pp. 189–196.
- [41] Romijn, H., Albaladejo, M. (2002). Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England. *Research Policy*, vol. 31, pp. 1053–1067.
- [42] Becheikh, N., Landry, R., Amara, N. (2006). Lessons from Innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. *Technovation*, vol. 26, pp. 644–664.
- [43] Whitley, R. (2002). Developing innovative competences: the role of institutional frameworks. *Industrial and Corporate Change*, vol. 11, pp. 497–528.
- [44] Chung, S., Kim, G.M. (2003). Performance effects of partnership between manufacturers and suppliers for new product development: the supplier's standpoint. *Research Policy*, vol. 32, pp. 587–603.
- [45] Laursen, K., Salter, A. (2006). Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, vol. 27, no. 2, pp. 131–150.
- [46] Weick, K.E., Sutcliffe, K.M. (2001) *Managing the Unexpected: Assuring High Performance in an Age of Complexity*. Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- [47] Friedman, V.J., Lipshitz, R. Overmeer, W. (2003). Creating Conditions for Organizational Learning. En: Dierkes, M., Berthoin, A.A., Child, J. and Nonaka, I. (eds). *Handbook of Organizational Learning and Knowledge*. Oxford University Press, New York.
- [48] Lanzara, G.F. (1983). Ephemeral Organizations in Extreme Environments: Emergence, Strategy, Extinction. *Journal of Management Studies*. vol. 20, no. 1, pp 71-95.
- [49] Cohen, W., Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 128-152
- [50] Probst, G., Büchel, B., Raub, S. (2000) Knowledge as a Strategic Resource. En: von Krogh, G., Roos, J. and Kleine, D. (2000). *Knowing in Firms. Understanding, Managing and Measuring Knowledge*. Sage, London.
- [51] Galende, J. (2006). Analysis of technological innovation from business economics and management. *Technovation*, vol. 26, pp. 300–311.
- [52] Prahalad, C.K., Hamel, H. (1990). *The core competence of the corporation*. Harvard Business Review, vol. 68, pp. 79–91.

# **Análisis del número de agrupamientos en función del tamaño del sistema en la MRP**

Tobares, Tania<sup>(1)</sup>; Sanchez Varretti, Fabricio O<sup>(1)</sup>; Mieras, Miguelina<sup>(1)</sup>; Rubio, Jano<sup>(1)</sup>.; Luengo Emanuel<sup>(1)</sup>

1. *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Grupo SiCo. Gral. Urquiza 314, 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina. tanitobares@hotmail.com.*

## **RESUMEN**

En tiempos de globalización y de mercados competitivos, resulta de vital importancia para las organizaciones el focalizar sus actividades a través de procesos planificados en detalle, que cuenten con un diseño eficiente y sustentable. En este contexto, una gestión exitosa de la cadena de abastecimiento resulta ser uno de los pilares para lograr desde el inicio competitividad y posicionamiento. En particular, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) necesaria para llevar a cabo la producción en tiempo y forma y así abastecer la demanda, plantea la necesidad de analizar diversas técnicas alternativas de organización y optimización de tareas. Variados modelos de programación dinámica han sido desarrollados en las últimas cinco décadas, siendo utilizados por empresas de clase mundial, ya que se consigue con ellos menores costos de abastecimiento. Por otro lado es bien conocido el efecto del agrupamiento tanto de tareas como de procesos, así como de sistemas físicos y naturales; donde las combinaciones posibles de ordenamiento de los elementos son de crucial importancia. Es la intención del presente trabajo establecer una nueva forma de representación de la relación entre los costos de pedir y mantener materiales, y el número de pedidos generados para un sistema de N períodos; así como también examinar el efecto de la variación de los diferentes parámetros.

**Palabras Claves:** planificación, materiales, agrupamiento, simulación.

## **ABSTRACT**

Nowadays due to globalization and the competitiveness of the market, it is vital for organizations to focus their activities through planned projects, with an efficient and sustainable design. In this context, a successful management of the supply chain is one of the pillars to achieve goals and positioning from the beginning. In particular, Materials Requirement Planning (MRP) raises the need to analyze alternative organizational techniques in order to optimize tasks. Various dynamic programming models have been developed in the last five decades, being used by world-class companies since they achieve lower costs of supply. On the other hand, the effect of grouping tasks and processes, as well as physical and natural systems is well known in these areas; where the combinations of the elements are of crucial importance. It is the intention of the present work to establish a new way of representation of the relationship between the costs of ordering and maintaining materials, and the number of orders generated for a system of N periods; as well as to examine the effect of variations in the different parameters.

## 1. INTRODUCCIÓN

La planificación de la producción es de suma importancia en las empresas en especial con respecto a la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) necesarios para que las mismas puedan producir en tiempo y forma de manera que abastezcan a la demanda. Es por esto que se plantea la necesidad de analizar diversas técnicas alternativas [1] que permitan optimizar los procesos de modo que se obtengan no solo beneficios económicos sino de reducción de desperdicios y que conduzcan a la sustentabilidad [2]. Diversos modelos de programación dinámica son utilizados por empresas de primera línea, ya que se consigue con ellos menores costo de abastecimiento, existiendo múltiples desarrollos a lo largo de las últimas 7 décadas [3]. En particular el algoritmo de Harvey M. Wagner y Thompson M. Whitin (W&W) [4] ha sido muy utilizado motivando desarrollos posteriores. Por otro lado es bien conocido el efecto de agrupamiento tanto en tareas como en procesos [5] como de los sistemas físicos [6] donde las combinaciones posibles de ordenamiento de las tareas es de crucial importancia [7]. Nos concentraremos en las decisiones del tipo Single-Level Lot Sizing, un problema del tipo NP-Hard [8], que nos permite identificar cuándo y cuánto de nuestro producto debemos producir minimizando los costos de producción, almacenamiento y generando un beneficio para el entorno local. Podemos citar aplicaciones industriales donde se aprecian las distintas variantes y complejidades aparejadas con la temática; donde las herramientas de optimización para distintos modelos de simulación dependen directamente de la complejidad del sistema en cuestión y donde además se abordan estos problemas con software comercial y desarrollos propios [9]. Definir el tamaño de lote de producción es uno de los problemas más frecuentes y también unos de los más complejos en lo que respecta a la planificación de la producción, así como también la carencia de modelos dinámicos óptimos en la adquisición y distribución de bienes y servicios. La complejidad del problema de tamaño de lote depende de los elementos a tener en cuenta en este modelo. Podemos nombrar algunos de ellos como son el horizonte de planificación, el número de productos, las limitaciones de los recursos, la demanda, etc. siendo estos los factores que afectan al modelado y la complejidad en la determinación del tamaño de lote [11,10]. El horizonte de planificación es el intervalo de tiempo en el que el programa maestro de producción se extiende hacia el futuro, pudiendo ser finito o infinito. Debido a esto, la prestación de servicios o la producción de productos exigen una cuidadosa planificación y programación para permanecer dentro de las limitaciones de los recursos empresariales. Un horizonte de planificación finito suele ir acompañado de una demanda dinámica, donde la demanda se conoce con certeza pero varía al período siguiente; y un horizonte de planificación infinito suele ir acompañado por la demanda estacionaria, en el sentido de que un producto muestra estacionalidad cuando la serie de tiempo siguiente atraviesa un ciclo predecible dependiendo de la época del año. Además, el sistema puede ser observado de forma continua o en intervalos de tiempo discreto, por lo que se lo clasifica como un sistema continuo o discreto. Los primeros son aquellos en los que las variables de estado cambian de forma continua con el paso del tiempo; y los segundos, son aquellos en los que las variables de estado cambian instantáneamente en instantes separados de tiempo. La mayor parte del software de MRP carga el trabajo en unidades de tiempo, por lo general de una semana. Tradicionalmente, cuando el trabajo se va a realizar en una semana dada, la MRP coloca ahí el trabajo sin importar la capacidad. En consecuencia a la MRP se considera una técnica de programación infinita [1].

En función de los aspectos previamente mencionados es que el presente trabajo se propone establecer una nueva forma de representación de la relación entre los costos totales de pedir y mantener, y el número de pedidos generados para un sistema de  $N$  períodos; así como también examinar el efecto de la variación de cantidades a pedir y mantener. A continuación se presentan los métodos y materiales empleados. Posteriormente se discuten los resultados. Por último, se presentan las conclusiones.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para un período establecido, se analizan todas las posibles combinaciones de realizar una serie determinada de pedidos, asociados a los costos en los que se incurre. Un método para resolver el problema de optimización es enumerar  $2^{(N-1)}$  combinaciones. En general es necesario poner a prueba las  $N_{pj}$  (cantidad de pedidos realizados en el período estudiado) políticas en el período  $N$ -ésimo, lo que implica una tabla de  $2^{(N-1)}$  entradas con todas las posibles formas de pedir. Es aplicable en la actualidad hasta ciertos valores de  $N$  ya que el poder de cálculo necesario para analizar todas estas combinaciones crece en forma geométrica. Mediante el uso de herramientas computacionales se obtienen de esta forma y en primer lugar, las combinaciones posibles de cómo pedir y los tamaños de agrupamientos que resultan más preponderantes. Con dicha información se procede con la representación de la relación existente entre los costos

totales y el cociente  $R= N_{pj}/N$  entre las cantidades de agrupamientos y el tamaño  $N$  del sistema. Esta visualización permite un análisis de los costos en que se incurre así como su relación con los tamaños óptimos. Además se lleva a cabo un análisis estadístico y de caracterización con el fin de observar la frecuencia de ocurrencia de los diferentes tamaños de agrupamientos y su influencia en los costos asociados (Costo de pedir,  $C_p$ , y Costo de mantener,  $C_m$ ), lo cual se verá plasmado en la observación de los puntos de optimización del sistema para cada tamaño de período  $N$ . El algoritmo que nos permitirá establecer la determinación de los costos mínimos a través de la relación entre agrupamientos y el tamaño del sistema se basará en el siguiente proceso:

- Definir el vector con  $N$  períodos;*
- Definir las cantidades a pedir en cada uno de los  $N$  períodos;*
- Definir los costos cada período;*
- Recorrer el vector de  $N$  períodos calculando todas las combinaciones posibles de pedido;*
- Calcular el costo de cada combinación obtenida;*
- Sumar los grupos de pedidos de acuerdo a su tamaño;*
- Almacenar los diferentes grupos de pedidos de acuerdo a su tamaño;*
- Si el costo resultante es óptimo, almacenar el tamaño del grupo de pedido;*
- Repetir.*

Se analiza el comportamiento de todas las combinaciones posibles de formas de pedir materias primas mediante el algoritmo que recorre todas estas opciones calculando a su vez el costo de las mismas y conservando los tamaños de los grupos de pedidos. Es decir, estudiar cómo se agrupan los pedidos para cada solución óptima. Interesa saber con qué frecuencia aparecen los distintos agrupamientos para cada una de las formas de pedir dadas y si tiene relevancia el orden de los mismos dentro del período analizado. Registrando la relación establecida por el tamaño de cada agrupamiento (la cantidad de períodos que abarca ese agrupamiento respecto del sistema) y los costos totales involucrados, estaremos caracterizando el sistema.

A su vez, además de explorar la alteración del sistema frente al orden en la combinación de las forma de pedir, es de interés examinar la influencia que genera una variación en las cantidades pedidas  $\alpha$  en cada período sobre los costos totales.

### 3. RESULTADOS

Resulta de interés analizar la relación existente entre las cantidades de agrupamientos que se realizan al momento de formular un pedido en función del tamaño establecido para el sistema, observando a su vez la preponderancia de los tamaños que generan una mayor aparición en cuanto a su combinación numérica. El entendimiento de dichas distribuciones a lo largo del período temporal  $N$  nos permite observar patrones que reflejen la dinámica del sistema. Con la obtención de una solución óptima para el proceso de adquisición de materiales en cuestión, es posible la reducción de costos, la disminución de desperdicios y el desarrollo de procesos más eficientes.

Se han desarrollado diversas técnicas que indican la cantidad de períodos a agrupar de modo de realizar una adquisición de recursos para cubrir las necesidades de dichos grupos. Es así que de este modo las necesidades de los  $N$  períodos estarán satisfechas por una serie de agrupamientos  $N_{pj}$ , los cuales están constituidos por una cantidad  $a_{ij}$  de períodos acumulados, Ecuación 1.

$$N = \sum a_{ij} \tag{1}$$

Período	1	2	3	4	5
Requerimientos	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
Tamaño de agrupamiento, $l_j$		2		3	
Cantidad de agrupamientos, $N_{pj}$			2		

Figura 1. Esquema de una serie de pedidos ( $N=5$ ) donde se pueden apreciar dos agrupamientos de tamaños 2 y 3.

Queda definido, para  $N$  períodos de una planificación de requerimientos de materiales, una serie de agrupamientos de tamaño variable. Los tamaños de estos grupos,  $l_j$  pueden ser  $l_j = 1$  (un agrupamiento incluye un solo período) hasta  $l_j = N$  (un solo agrupamiento abarca los  $N$  períodos). La suma de las cantidades de pedidos multiplicadas por sus tamaños es igual al tamaño del sistema. Una solución óptima se encuentra al hallar una combinación de pedidos de tamaños  $l_j$ , pudiendo la cantidad de los mismos estar comprendida entre  $1 \leq N_{pj} \leq N$  dando como resultado para esta combinación de pedidos un costo total mínimo.

Es interesante analizar cómo influye el orden y la cantidad de agrupamientos en cada una de las combinaciones posibles. Tomemos como ejemplo dos casos extremos para la situación en la cual el tamaño del sistema se corresponde con  $N=5$ . Se cuenta con 5 períodos y se realiza, en primer término, un pedido por cada uno de dichos lapsos; de esta forma se establece una relación entre la cantidad de agrupamientos (instancias en las que se lleva a cabo un pedido) y el tamaño total del sistema en cuestión. Esta relación se define de la siguiente manera:

$$R_5 = \frac{(1+1+1+1+1)}{5} = 1,0 \quad (2)$$

Siendo  $R$  la relación existente entre la cantidad de pedidos y tamaño del sistema. Sin embargo, en el supuesto de que se realice un único pedido que sume las necesidades de materiales de los 5 períodos, lo cual implicaría la consideración del almacenamiento de los materiales, la relación establecida se calcula del siguiente modo:

$$R_5 = \frac{(1)}{5} = 0,2 \quad (3)$$

Para  $N=5$  y para valores de  $a_{ij}$  definidos previamente, una de las combinaciones que resulta óptima, según datos obtenidos mediante cálculos computacionales, es que implica la adquisición de materiales en dos instancias: en primer lugar para 2 períodos y por último para los 3 restantes.

Si calculamos la relación entre la cantidad de agrupamientos o clústeres respecto del tamaño del sistema, para esta situación específica de costo mínimo, nos queda:

$$R_5 = \frac{(1_2+1_3)}{5} = 0,4 \quad (4)$$

Sin embargo, la combinación podría haber sido de la siguiente forma:

$$R_5 = \frac{(1_4+1_1)}{5} = 0,4 \quad (5)$$

Es decir que los materiales se hubiesen adquirido de igual manera en dos instancias, pero aquí en primer lugar se abastecen 4 períodos y luego 1 período.

Las ecuaciones (4) y (5) arrojan la misma relación en función del tamaño de agrupamiento, sin embargo, cuando estas formas de agrupar se relacionan con los costos que implican las tareas de mantener y pedir los resultados obtenidos no son los mismos. El orden que resulta de la ecuación (4) presenta un menor costo (\$360) comparado con el de la ecuación (5) (\$440), lo que plasma la influencia que presenta la determinación en el tamaño de los agrupamientos sobre el costo total en el que se incurre al momento de pedir. Entonces podemos decir que formas de agrupamiento para las cuales la relación entre dicha cantidad de grupos y el tamaño del sistema permanece constante, pero cuyos costos difieren en gran medida, lo que nos permite afirmar que el tamaño de agrupamiento influye de manera directa en el costo total final

La figura 2 permite visualizar las situaciones planteadas anteriormente. En la misma se aprecian los costos totales asociados (Costo de pedir,  $C_p$ , más Costo de mantener,  $C_m$ ) a cada una de las combinaciones en función del indicador que expresa la relación entre la cantidad de agrupamientos y el tamaño total del sistema, para una relación de costos  $C_p/C_m=100$ . Dicho caso a su vez considera una homogeneidad en el tamaño de los pedidos, tratándose de 40 unidades para cada uno de los 5 períodos considerados. Se delimitan los valores máximos y mínimos para cada valor de relación entre el número de agrupamientos y el tamaño del sistema (líneas de trazo). Todos los resultados posibles quedan comprendidos dentro de esta área. Se detallan

en la figura 2 también los casos extremos en donde se realiza un solo pedido de tamaño  $N$  (punto superior derecho) y el caso donde se realiza  $N$  pedidos de tamaño igual a 1 (punto superior izquierdo), y que tienen asociados costos totales mayores.

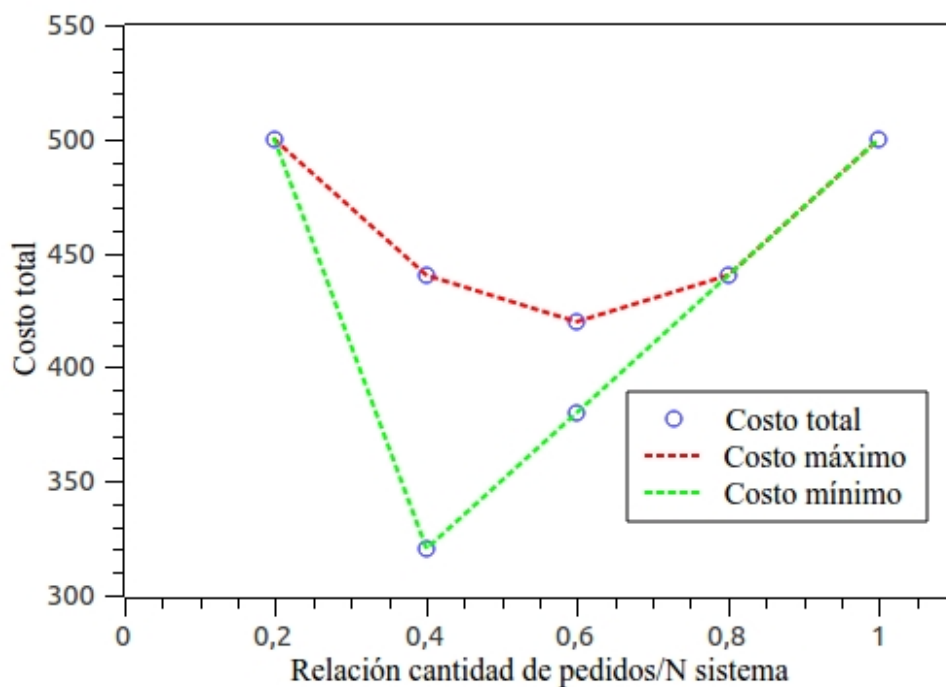


Figura 2. Costo en función del número de agrupamientos para  $N=5$ , pedidos homogéneos y relación  $C_p/C_m=100$ .  $\alpha = 40$

Se observa en la figura 2 el caso donde realizar un pedido en cada período  $N$  ( $R=1$ ) y realizar todos los pedidos en un solo período  $N$  ( $R=0,2$ ), el costo total resulta máximo e igual en ambas situaciones, cuando las cantidades homogéneas a pedir son  $\alpha = 40$ .

Sin embargo si  $\alpha > 40$  unidades en cada período se visualiza la siguiente situación figura 3.

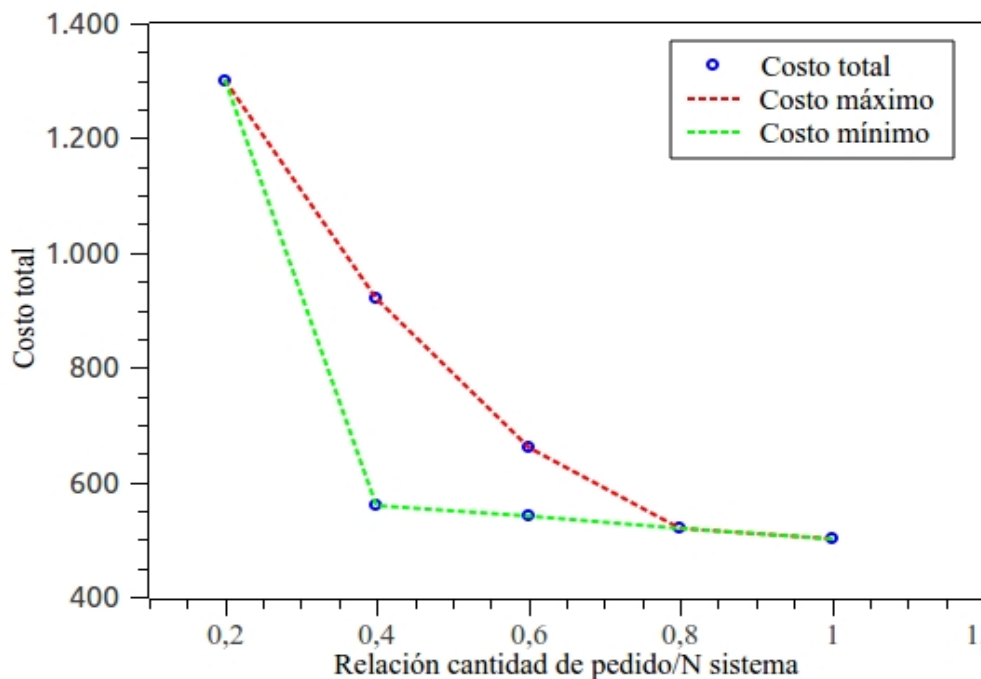


Figura 3. Costo en función del número de agrupamientos para  $N=5$ , pedidos homogéneos y relación  $C_p/C_m=100$ .  $\alpha > 40$  unidades.

Se visualiza en la figura 3 que el punto superior derecho (se realiza un pedido por cada período,  $N_{PJ}= 5$ ) resulta menor que el punto superior izquierdo (se realiza un pedido para todos los



períodos,  $N_{pj}=1$ ). Dicha situación, bajo estas condiciones, expone que resulta conveniente tomar decisiones de pedido cercanas a  $R=1$ , cuando se realiza un mayor número de pedidos con menor cantidad de unidades.

En el caso de  $\alpha < 40$  unidades para cubrir las necesidades en cada período se observa la siguiente, figura 4.

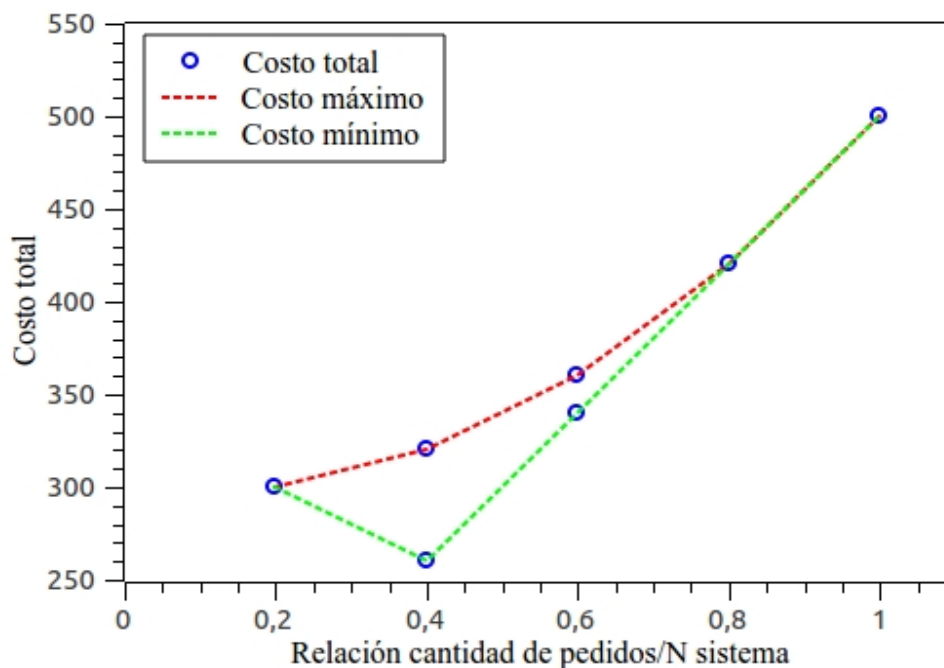


Figura 4. Costo en función del número de agrupamientos para  $N=5$ , pedidos homogéneos y relación  $C_p/C_m=100$ .  $\alpha < 40$  unidades.

Aquí se observa cómo se invirtió la situación anterior cuando las cantidades a pedir no superan las 40 unidades, donde resulta que el punto superior izquierdo (se realiza un pedido para todos los períodos  $N_{pj}=1$ ) es menor que el punto superior derecho (se realiza un pedido por cada período  $N_{pj}= 5$ ). Los valores de los costos presentan un sesgo hacia la izquierda, esta circunstancia demuestra que es conveniente realizar menor cantidad de pedidos por lo tanto mayores tamaño de los mismos y de esta manera reducir ampliamente los costos.

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis de los tamaños de los distintos agrupamientos formados a la hora de realizar un pedido de materia prima nos permite descartar casos extremos y poco probables. Analizando los patrones relacionados con el tamaño de los grupos de pedidos y sus costos totales podemos decidir qué casos contemplar y cuales descartar por tener costos asociados mayores y de este modo obtener una solución óptima. Se observa un patrón característico en la forma de agrupamiento de los pedidos que nos permite decidir qué caso utilizar y cuáles no tener en cuenta, pudiendo de este modo reducir el número de combinaciones a analizar. Dentro de un tamaño promedio particular podemos evaluar cuál es el beneficio de modificar un pedido cambiando la distribución de los grupos de pedidos asociados. De este modo se disminuye el tiempo de procesamiento de la planificación de requerimiento de materiales ya que debemos concentrarnos solo en los agrupamientos más probables y con menores costos totales. En base a lo analizado podemos decir: i) para una razón dada de costos de pedir a costo de mantener podemos definir un número más probable de agrupamientos, el cual relacionamos con los costos totales; ii) para un número de agrupamientos constante observamos cómo influye la distribución de los grupos de pedidos en los costos totales, iii) los casos donde los tamaños de agrupamientos  $l_j \approx 1$ ;  $l_j \approx N$  nunca presentan soluciones óptimas para el sistema. iv) para un mismo número de agrupamientos, una variación en la combinación de los mismos puede influir fuertemente en los costos totales. v) la situación analizada no se ve influenciada por el orden en que se lleven a cabo los pedidos de una determinada combinación. vi) en un sistema homogéneo, analizar la cantidad demandada permite obtener un primer acercamiento hacia donde se encuentra la solución óptima.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] Heizer, J.; Render, B. (2009). Principios de Administración de las Operaciones. México. VII Ed. Pearson Educación.
- [2] Gagliardo, A.; Corsano, G. (2011). Un modelo milp multiperodo para el diseño de una cadena de suministro de bioetanol considerando sustentabilidad. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*. 3, 2, 209–225.
- [3] Karimi, B.; Fatemi Ghomi, S; M. T. Wilson, J.M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *The Int. J. of Management Science*. 31, 365–378 .
- [4] Wagner, H.; Whitin, T. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*. 5, 89–96.
- [5] Weeda, P. J. (1987). On similarities between lot sizing and clustering. *Eng. Cost and Production Economics*. 12, 65–69.
- [6] Stauffer, D.; Aharony, A. (2003). Introduction to percolation theory. Taylor & Francis. II Revised Ed. London.
- [7] Sbihi, A; Eglese R. W. (2007). Combinatorial optimization and Green Logistics. A Quarterly Journal of Operations Research. 5, 2, 99–116.
- [8] Van Hoesel, C. P. M.; Wagelmans, A. P. M. (2001). Fully polynomial approximation schemes for single-item capacitated economic lot-sizing problems. *Mathematics Of Operations Research*. 26, 2, 339–357.
- [9] Guimarães, E. R. S; Rangel, J. J. A; Vianna, D. S; Shimoda, E; Skury, A. L. D. (2015) Análise de desempenho de modelos de otimização com simulação a eventos discretos. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*. Vol. 7, N. 13, 18-43. Brasil.
- [10] Moustakis, M.(2000). Material requirements planning MRP, INNOREGIO: dissemination of innovation and knowledge management techniques, Technical University of Crete.
- [11] Sarkar, A.; Das, D.; Chakraborty, S.; Biswas, N. A. (2013). Simple Case Study of Material Requirement Planning, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, v. 9, 5, 58 64.
- [12] Correa, U. (1992). Desarrollo de Algoritmos y sus aplicaciones. MacGraw - Hill Inc.. III Ed. pp. 251. Colombia

# Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia

Dimópulos, Liliana; García, Sara; Golovko, Mikela; Lladser, Lucía\*; Noya, Graciela

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.*

*Ciudad Universitaria Km 4, 9005 Comodoro Rivadavia, Chubut.*

[ldimopulos@hotmail.com](mailto:ldimopulos@hotmail.com), [smga.89@gmail.com](mailto:smga.89@gmail.com), [golovkomickela@gmail.com](mailto:golovkomickela@gmail.com),

[lucialladser@hotmail.com](mailto:lucialladser@hotmail.com), [gnoya@unpata.edu.ar](mailto:gnoya@unpata.edu.ar)

## RESUMEN.

Este trabajo se enmarca en el PI: "CARACTERIZACIÓN DE PYMES DE SERVICIOS PETROLEROS EN COMODORO RIVADAVIA", cuya UE está integrada por docentes de Ingeniería Industrial y en Petróleo; la alumna es de Ingeniería Industrial. Dicho proyecto se propone caracterizar a las Pymes que prestan servicios a la industria hidrocarbúrfica, agrupándolas en subsectores según el servicio que prestan, estudiar factores internos que influyen en la competitividad de las empresas (innovación, gestión, etc.) y cuantificarlos a través de índices, para producir información útil para mejorar su competitividad. Comodoro Rivadavia es una ciudad en la cual el sector del petróleo y gas juega un rol importante en su economía, y resulta importante analizar las Pymes que inciden sobre la cadena de valor de las operadoras. La industria hidrocarbúrfica (etapas "Upstream" y "Midstream") está constituida por pocas operadoras extractoras y un conjunto de empresas de servicios que varían desde suma complejidad hasta cuestiones relacionadas con la cotidianeidad del trabajo en un yacimiento. Es aquí donde se encuentran las empresas objeto de estudio: proveedores de servicios básicos, insumos o equipamiento de baja complejidad y especialización tecnológica, en su mayoría PyMES ubicadas cerca de las zonas de producción, altamente dependientes de las empresas petroleras ante las que carecen de poder de negociación y que operan localmente sin lograr llegada al mercado nacional. Debido al estadio temprano de la investigación, se presentan los criterios empleados para la clasificación y conformación de una base de datos de las empresas, así como la herramienta adoptada para su diagnóstico, basada en el Mapa de Competitividad desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo para ser utilizado en el diagnóstico organizacional de la PyME. El mismo ha sido aplicado a nivel mundial, con adaptaciones, como método de diagnóstico empresarial, por ser una herramienta que proporciona la información base para un crecimiento ordenado.

**Palabras Claves:** Servicios petroleros, PyMES, Competitividad

## ABSTRACT

This work is part of a research Project: "CHARACTERIZATION OF PYMES OF OIL SERVICES IN COMODORO RIVADAVIA", whose Executing Unit is made up of an interdisciplinary group, integrated by teachers of the Industrial Engineering and Petroleum Engineering career; the participating student is an industrial engineer. This project proposes to characterize SMEs that provide services to the Oil and Gas industry in Comodoro Rivadavia, grouping them into sub-sectors according to the service they provide, study internal factors that influence the competitiveness of companies (innovation, management, etc.) and quantify them through indices, to produce useful information to improve their competitiveness. Comodoro Rivadavia is a city in which the oil and gas sector plays an important role in its economy, and it is important to analyze the SMEs that affect the operator's value chain. The hydrocarbon industry in the city (stages of the "Upstream" and the "Midstream") It is made up of few oil extraction companies and a set of service companies that range from extreme technical and scientific complexity to issues related to the daily work in a reservoir. This is where the companies under study are located: basic service providers, inputs or equipment of low complexity and technological specialization, mostly national SMEs located near the production areas, highly dependent on oil companies with those that lack bargaining power and that operate locally without reaching the national market. Due to the early stage of the research project, the criteria used for the classification and conformation of a database of companies are presented, as well as the tool adopted for the diagnosis of companies, based on the Competitiveness Map developed by the Inter-American Development Bank to be used in the organizational diagnosis of the SME. It has been applied worldwide, with adaptations, as a business diagnostic method, as it is a tool that provides the base information for orderly growth.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Contexto local del sector

Comodoro Rivadavia se encuentra sobre el Golfo San Jorge, al sur de la Provincia del Chubut y es donde en 1907 se descubrió petróleo en el país. Por ello, la actividad petrolera ha marcado profundamente la vida de la comunidad de la región, constituyéndose en la principal actividad productiva de la misma pero condicionándola a sus propios vaivenes económicos y políticos, tanto nacionales como internacionales.

La explotación de hidrocarburos de esta Cuenca, no solo es la principal actividad económica de la región, sino que también representa una parte importante de la producción total nacional. Si tomamos los registros publicados por el Ministerio de Energía de la Nación, correspondiente al periodo enero-mayo del 2018, de la producción de petróleo total nacional –11.626.775 m<sup>3</sup>–, el 48.3 % (5.614.126 m<sup>3</sup>) se extraen de la Cuenca del Golfo San Jorge. En lo que respecta a Gas Natural, la Cuenca aporta el 11% de la producción nacional. Por ello, la importancia de estudiar el Complejo Petróleo y Gas [1].

Las cadenas del petróleo y el gas natural (Complejo PyG), se suelen separar en tres partes: *Upstream* referido a la búsqueda, perforación y extracción de hidrocarburos; *Midstream* que involucra el transporte de los productos tanto por ductos como por barco desde la “boca de pozo” a las plantas procesadoras o la distribución al consumidor y *Downstream* que incluye la refinación, procesamiento y/o separación de los hidrocarburos, así como el transporte, distribución y venta de los subproductos. Dicho Complejo se esquematiza en la Figura 1 [2].

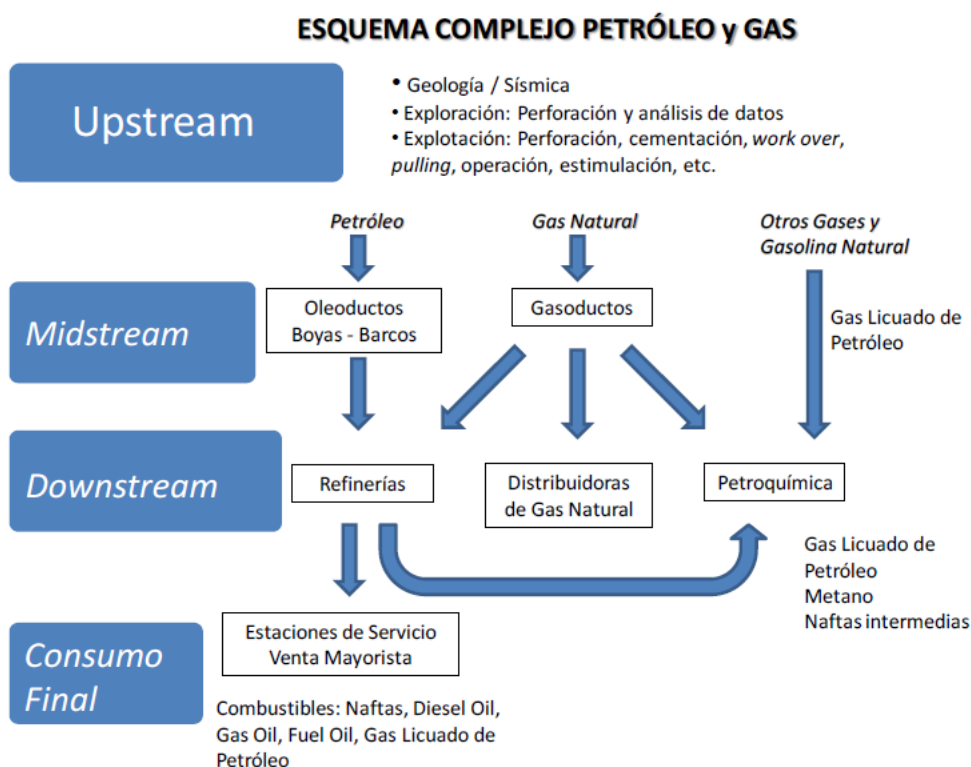


Figura 1. Esquema del Complejo de Petróleo y Gas

Dentro de la industria hidrocarburífera, en la zona se encuentra radicada fundamentalmente la etapa del “Upstream” (Exploración y Explotación), pero también la del “Midstream” (transporte del producto).

Este sector, en la región, se caracteriza por la heterogeneidad de su estructura empresarial, en el cual desarrollan sus actividades en forma conjunta grandes empresas, de capital internacional, y pequeños y medianos emprendimientos productivos. Las etapas del proceso de extracción del crudo definen la naturaleza de las operaciones y, eventualmente, el grado de participación de cada una de las entidades económicas [3].

En forma esquemática, existen dos tipos de organizaciones empresariales en la actividad petrolera, de acuerdo con su tamaño y origen del capital:

- *Las grandes empresas de producción petrolera de capital nacional e internacional* (llamadas también operadoras): son las concesionarias de explotación de los distintos yacimientos y su principal actividad es la extracción de petróleo para ser transportado y procesado en las destilerías de Buenos Aires o directamente para ser enviado al exterior sin ningún tipo de tratamiento. Estas organizaciones poseen sus unidades operativas (yacimientos) en la Cuenca del Golfo San Jorge

(CGSJ) y en otros puntos geográficos del país (Salta, Neuquén, Buenos Aires, etc.). Contratan a las PyMEs regionales y a las grandes empresas internacionales quienes les prestan los distintos servicios necesarios para la extracción de petróleo.

- *Las empresas de servicios*: se agrupan en 2 anillos de proveedores, uno compuesto por empresas multinacionales y otro por proveedores de servicios básicos, insumos o equipamiento de baja complejidad y especialización tecnológica tanto a las empresas núcleo como a las empresas del primer anillo.

- *Las grandes empresas de servicios petroleros de capital internacional*: Realizan las tareas de mayor complejidad tecnológica, como la exploración, perforación y perfilaje de pozos. Sus clientes principales son las empresas operadoras.

- *Las PyMEs de servicios petroleros de capital nacional y origen regional*: realizan tareas que varían desde servicios de suma complejidad técnica y científica, como actividades de investigación geológica, perforación, terminación y reparación de pozos (workover) o actividades de pulling (operaciones en el fondo del pozo), hasta cuestiones relacionadas con la cotidianeidad del trabajo en un yacimiento como las relacionadas a operación y mantenimiento de instalaciones de superficie. Sus clientes más importantes son las grandes empresas internacionales tanto de explotación petrolera como de servicios. En su mayoría son PyMEs nacionales ubicadas en cercanías de las zonas de producción, carecen de poder de negociación ante los otros participantes y suelen operar localmente, sin lograr siquiera llegada al mercado nacional [2].

Estas Pymes son sumamente dependientes de las empresas petroleras y por ende, las que más padecen las situaciones de coyuntura, por ejemplo el bajo precio del crudo, repercutiendo dicha problemática fuertemente en el empleo local.

En relación con el origen, la conformación de las PyMEs estuvo asociada a las nuevas oportunidades que presentó el mercado regional por el incremento de la demanda productiva y del consumo de la población. A diferencia de otros sectores de actividad, en la formación de las PyMEs productivas vinculados al sector hidrocarburífero se encuentran tres grupos relevantes [3]:

- Empresas que surgieron durante la segunda mitad de la década de 1970 como resultado del asentamiento de grandes empresas privadas a las cuales brindan sus servicios. Estas organizaciones presentan una larga tradición y experiencia en la actividad, lo cual parece redundar en los niveles de capacidad y eficiencia alcanzados.

- Empresas formadas durante el período 1991-1993 para atender a los nuevos requerimientos de YPF en el marco de su reestructuración. Producto del proceso de reorganización de la ex empresa del Estado (1990-1993), los empleados encargados de actividades complementarias a la explotación del crudo se agruparon bajo diferentes figuras jurídicas, de acuerdo con la naturaleza de los trabajos y de los equipos transferidos por la empresa central, con la finalidad de continuar desempeñándose en el mercado petrolero regional.

- Nuevas empresas creadas a partir de las oportunidades que la actividad petrolera fue generando. Este grupo de empresas se diferencia de los anteriores fundamentalmente porque cuentan con experiencia en el rubro, acceso al financiamiento y a las nuevas tecnologías y porque sus socios no son ex empleados de YPF sino empresarios que tienen o han tenido otros negocios y, por lo tanto, conocen cómo se gestiona una organización.

Los cambios producidos en las PyMEs dentro del espacio regional están vinculados a las formas de operar de las grandes empresas multinacionales de explotación y prestación de servicios petroleros, en tanto, en algunos casos, son los principales y/o únicos clientes. De esta forma, se observa que la teórica flexibilidad de las PyMEs para adecuarse a los cambios contextuales es limitada por las mismas condiciones o reglas del mercado regional a partir de las fluctuaciones operadas a nivel internacional, fundamentalmente con el precio del crudo.

El sector también tiene relación con otros sectores productivos de la economía local mediante la compra y venta de insumos y bienes finales, y también con el mercado laboral por medio de su demanda por mano de obra. Una forma de ordenar los nexos que tiene la actividad petrolera con el resto de la economía es agruparlos en dos grandes categorías: 1) relaciones macroeconómicas (sector público, sector externo, empleo, inflación y términos de intercambio) y 2) vínculos microeconómicos con el resto de la economía (encadenamientos con otras actividades productivas). Este esquema se visualiza en la Figura 2 [4].



Figura 2. Vínculos del Sector petrolero con la economía

Por lo expuesto resulta pertinente estudiar el conjunto de empresas que prestan servicios petroleros de los más diversos, para efectuar una clasificación y sistematización que permita, según los sectores, analizar factores que influyen en su competitividad.

### 1.2. Objetivos del trabajo

El presente trabajo, que se enmarca en el Proyecto de Investigación en ejecución “Caracterización de PyMES de Servicios Petroleros en Comodoro Rivadavia”, se propone identificar las PyMES prestadoras de servicios petroleros que operan en el Golfo San Jorge con base en la ciudad de Comodoro Rivadavia y los sectores intervinientes en dichos servicios. Para ello, se presentan los criterios empleados para la clasificación y conformación de una base de datos de las PyMES identificadas, así como la metodología adoptada para su diagnóstico.

## 2. CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA BASE DE DATOS

### 2.1. Criterios para la selección de las PyMES

El primer obstáculo encontrado fue la falta de sistematización de la información, ya que se carece de un censo industrial o una base de datos oficial del sector. Por tal razón, se comenzó la tarea con el relevamiento de información proveniente de distintas fuentes, tales como bases de otros proyectos de investigación y del Equipo de Asistencia a PyMES de la carrera Ingeniería Industrial, información de cámaras empresariales y organismos, información sobre proveedores de empresas operadoras; IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y Gas), información publicitaria en revistas especializadas, etc.

A partir de la información inicial recabada de las distintas fuentes respecto de las empresas de servicios petroleros, se elaboró un listado inicial (usando planillas Excel).

Se depuró dicho listado en principio, en función de los siguientes criterios:

- Verificar la no repetición de empresas en distintas fuentes de información secundaria (incluso con nombre diferente)
- No contemplar las empresas de servicios petroleros internacionales
- No considerar las empresas que tuvieran domicilio en otra provincia y no tuvieran alguna base en la ciudad

Para enfocar sólo en las empresas que prestan servicios dentro de los proveedores de la industria petrolera, se empleó como guía la clasificación presentada en el documento “El desarrollo de la industria de proveedores de bienes y servicios de la industria petrolera en Colombia”, que se indica en la Tabla 1 [5].



Tabla 1. Clasificación Bienes y Servicios

Bienes y servicios calificados en el Taller de Trabajo con la Industria, realizado por ANDI-CRU Strategies (2009)	
<b>Bienes (54)</b>	<p>Accesorios de tubería; Aislamiento térmico; Bombas de alta presión; Bombas de baja presión; Bombas de subsuelo; Cabezas de pozo; Cableado y accesorios eléctricos; Calderas; Catalizadores plantas de procesos y de refinación; Cementos; Columnas de destilación; Combustibles; Compresores de alta presión; Compresores de baja presión; Contra incendio; Cuartos de control (sistema de control centralizado); Elementos de seguridad industrial; Elementos estructurales en acero/aluminio; Empaques; Filtros; Herramientas y accesorios soldadura; Hornos; Instrumentos de medición y control; Intercambiadores de calor; Internos de columnas de destilación; Lodos de perforación; Lubricantes; Motores diesel; Motores eléctricos; Químicos para oleoductos; Químicos para plantas de proceso y de refinación; Químicos para producción de crudos; Químicos para servicios industriales y separadores API; Reactores; Re hervidores; Rodamientos; Sellos mecánicos; Separadores API; Sopladores; Tambores (<i>drums</i>); Tanques de almacenamiento de crudo; Tanques de almacenamiento de productos; Teas (<i>flaring system</i>); <i>Trailer</i>; Tubería de producción; Tubería de revestimiento de pozos (<i>casing</i>); Tuberías de alta presión; Tuberías de baja presión/línea; Turbinas; Válvulas de alta presión; Válvulas de baja presión; Válvulas de baja presión; Válvulas de seguridad; Varillas de pozo; Ventiladores para enfriamiento</p>
<b>Servicios (53)</b>	<p>Almacenamiento y bodegaje; Alimentación; Alquiler de equipo de transporte liviano; Alquiler de equipos y herramientas (PP); Brocas; Cañoneo; Capacitación; <i>Catering</i>; Cementación; Certificación de reservas de crudo y gas; Completamiento de pozos; Construcción y montaje; Consultoría; Control avanzado de procesos; Control de sólidos; Geología de campo y prospectiva; Gerencia de proyectos; Ingeniería básica; Ingeniería de detalle; Ingeniería de Fluidos; Inspección de tuberías (integridad); Interventoría; Inyección de aguas de producción; Laboratorios especializados; Logística aduanera; Manejo ambiental; Mantenimiento equipo eléctrico e instrumentación; Mantenimiento equipo estático en plantas de refinación; Mantenimiento equipo rotatorio en plantas de refinación; Mantenimiento integral de campos de producción; Mantenimiento integral de estaciones de oleoductos; Mantenimiento y paradas de plantas de procesos y refinación; <i>Mudlogging</i>; Obras civiles mayores; Obras civiles menores; Operación de campos petroleros; <i>Outsourcing</i> de personal (administrativos, <i>overhead</i>); Perforación direccional; Pólizas y seguros; Pruebas de pozos; Reacondicionamiento de pozos (<i>work over</i>); Registros eléctricos; Sísmica; Soporte administrativo (proveeduría); Taladros; Tecnologías de la Información (TI) telecomunicaciones; Transporte aéreo; Transporte fluvial; Transporte terrestre; Tratamiento de aguas y de cortes en el taladro; Tratamiento de crudos y aguas de producción; Vigilancia de bienes y personas</p>

Se construyó entonces una base de datos importando las planillas a ACCES, en la que se identificó un número de 208 empresas PyMES de servicios petroleros radicadas en Comodoro Rivadavia.

## 2.2. Definición de Subsectores

Para agrupar las empresas por sector, ya que los servicios petroleros son muy diversos, se utilizó la clasificación empleada por la Unión Industrial Argentina (UIA) [6] comprendiendo siete tipos: 1) Instrumentación, Informática y Comunicación; 2) Higiene y Seguridad Industriales; 3) Servicios Petroleros en Yacimiento; 4) Ingeniería y Obras Civiles; 5) Ingeniería y Obras Electromecánicas; 6) Ingeniería y Obras Metalmeccánicas y 7) Otros Servicios. En la Tabla 2 se especifican las categorías contempladas dentro de cada tipo, que se tuvieron en cuenta para determinar la cantidad de empresas PyMES por sector dentro de los servicios petroleros.

Tabla 2. Clasificación de los Servicio Petroleros (UIA 2008)

INSTRUMENTACIÓN, INFORMÁTICA y COMUNICACIONES	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIALES	SERVICIOS PETROLEROS EN YACIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación y calibración de transmisores electrónicos e inteligentes y neumáticos</li> <li>• Modificación e instalación de lazos e instrumental. Sistemas de controles: manolazos, bilazos y multilazos. Adquisición de datos</li> <li>• Provisión y mantenimiento de: instrumentos de tablero, sensores másicos, sistemas de medición de niveles neutrónicos, tele medición de tanques, sistemas de seguridad y encendidos de calderas, hornos, protección de máquinas, instrumentos de seguridad, etc.</li> <li>• Provisión de equipos de medición y calibración: teleinformática y redes</li> <li>• Confección electrónica de planos bajo normas IRAM</li> <li>• Desarrollo de Software a medida</li> <li>• Instalación, soporte y mantenimiento de software y de hardware</li> <li>• Provisión y mantenimiento de sistemas de radiocomunicación y telefonía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación del impacto ambiental</li> <li>• Asesoramiento a la actividad en materia de adecuación a la normativa legal vigente</li> <li>• Estudio e informe del impacto ambiental en las etapas de prospección y exploración. Caracterización de efluentes</li> <li>• Monitoreo de obras y tareas. Gestión de residuos</li> <li>• Control ambiental en equipos de perforación, reparación y terminación</li> <li>• Planes de contingencia ambiental</li> <li>• Capacitación de personal</li> <li>• Auditorias de seguridad en equipos de perforación, reparación y terminación</li> <li>• Provisión y mantenimiento de sistemas de detección y extinción de incendios</li> <li>• Reingeniería de productos y de procesos</li> <li>• Aplicación de modelos de gestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación, intervención y terminación de pozos</li> <li>• Preparación de programas operativos de perforación</li> <li>• Limpieza mecánica de pozos</li> <li>• Elaboración de procedimientos operativos de maniobras de perforación, reparación y terminación</li> <li>• Atención y operación de pozos productores de petróleo, baterías receptoras, plantas de recuperación secundaria, etc.</li> <li>• Montaje, desmontaje, operación y mantenimiento de oleoductos, gasoductos y poliductos</li> <li>• Tratamientos químicos de aguas y crudos</li> <li>• Mantenimiento mecánico y reparación de equipos en superficie</li> <li>• Mantenimiento, montajes, desmontajes y/o reparadores del sistema eléctrico</li> <li>• Reparación y construcción de: tanques, oleoductos, aparatos, herramientas de ensayo y producción, etc.</li> <li>• Servicio de laboratorio para petróleo y agua</li> </ul>



Tabla 2. (Cont)

INGENIERÍA Y OBRAS CIVILES	INGENIERÍA Y OBRAS ELECTROMECÁNICAS	INGENIERÍA Y OBRAS METALMECÁNICAS	OTROS SERVICIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería conceptual y estudios de factibilidad. Formulación y evaluación de proyectos</li> <li>• Ingeniería básica y de detalle</li> <li>• Planificación y Programación. Asistencia Técnica. Gerencia de construcciones y de Proyectos</li> <li>• Servicios especiales de construcción y montaje. Estructuras de concreto y acero</li> <li>• Proyecto, cálculo y construcción de cañerías de gas y agua.. Remodelación de las instalaciones</li> <li>• Layout de tuberías, isométricos y cálculo de soporte. Análisis de esfuerzos</li> <li>• Estudios de suelos y topográficos</li> <li>• Movimientos de tierra</li> <li>• Cloacas y drenajes</li> <li>• Montaje y desmontaje de equipos, galpones y calderas</li> <li>• Arenado con equipos fijos y portátiles</li> <li>• Pintura de grandes superficies</li> <li>• Limpieza y mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y layout de líneas de transmisión y distribución y sistemas de potencia</li> <li>• Montaje y mantenimiento en estaciones y subestaciones eléctricas, distribución, variedades de frecuencia grupos electrógenos, instalaciones frigoríficas</li> <li>• Sistemas de corriente continua. Protección contra descargas atmosféricas</li> <li>• Instalaciones antiexplosivas Equipos de corrección del factor potencia. Puestas a tierra. Conexión y desconexión de máquinas portátiles. Cámaras eléctricas</li> <li>• Reparación de sistemas de iluminación y plantas, caños eléctricos y cables alimentadores. Evaluación del estado de los transformadores</li> <li>• Ingeniería básica y de detalles en instrumentación y electricidad</li> <li>• Medición de durezas y , espesores. Ensayos metalográficos. Análisis de materiales y tratamientos</li> <li>• Asesoramiento en distribución de energía y automatización de plantas</li> <li>• Proyectos y cálculos de líneas de baja y media tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de máquinas rotantes</li> <li>• Reparación de turbinas de vapor, compresores, bombas centrífugas, bomba alternativas; bombas dosificadoras, reductores, etc.</li> <li>• Enderezados de vástagos, barras, porta mechas, etc.</li> <li>• Construcción y recuperación de repuestos para equipos rotantes y alternativos</li> <li>• Armado e equipos con ajustes y tolerancias requeridas para cada caso en particular. Utilización con instrumental certificado, calibres, alesómetros, etc.</li> <li>• Mantenimiento de estaciones de bombeo e instalaciones mecánicas. Mecánica Industrial</li> <li>• Soldadura de baja y alta presión, ponchos y monturas, soldaduras especiales</li> <li>• Aporte de metal duro, aleaciones especiales</li> <li>• Tratamientos térmicos. Ensayos no destructivos</li> <li>• Cálculo y construcción de recipientes a presión según las normas ASME; intercambiadores de calor según normas TEMA y API</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportes generales y fletes, de petróleo, de personal, distribución de combustible</li> <li>• Corte y decotizado de carbón de coque y su extracción y movimiento. Mantenimiento asociado inherente a ambos servicios</li> <li>• Parquización y jardinería</li> <li>• <i>Catering</i></li> <li>• Indumentaria industrial.</li> <li>• Provisión de productos especiales: Caucho, plásticos, elementos de maquinas, etc.</li> <li>• Gases industriales</li> </ul>

### 3. DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL

La competitividad en las PyMES se ha convertido en una exigencia para la supervivencia de las mismas, siendo la productividad el grado de utilización efectivo de cada elemento de producción. Por lo tanto, para que las pequeñas y medianas empresas puedan mantenerse prósperas y exitosas deberán ser competitivas y también productivas.

Las pequeñas y medianas empresas se tienen que adaptar hoy en día a los cambios de los contextos que el fenómeno de la globalización ha provocado, en un proceso que se caracteriza por el avance tecnológico, la apertura de mercado, la creciente interdependencia de los países y la integración de las economías de todo el mundo a través del comercio.

En este entramado complejo, todas las organizaciones se ven afectadas directa o indirectamente por factores internos y externos que las hacen más fuertes o más débiles con respecto al resto de las empresas de la industria.

Los motivos internos que pueden determinar el buen funcionamiento de una empresa pueden ser: la gestión de los recursos tanto financieros como técnicos y humanos; planeación, organización y evaluación de los procesos productivos, clima organizacional, entre otros; mientras que las causas externas están comprendidas por: cambio en las variables macroeconómicas, negociación con clientes, evaluación de proveedores, demanda del producto, cambios del mercado, evolución tecnológica, políticas económicas y sociales.

Esto pone en evidencia la necesidad de una evaluación de la situación de la empresa para determinar las acciones correctivas para los puntos débiles y el afianzamiento de las fortalezas; este proceso es conocido como diagnóstico empresarial.

El concepto de diagnóstico se inscribe dentro de un proceso de gestión preventivo y estratégico, de gran utilidad a los fines de conocer la situación actual de una organización y los problemas que

impiden su crecimiento, sobrevivencia o desarrollo. Se constituye como un medio de análisis que permite el cambio de una empresa, de un estado de incertidumbre a otro de conocimiento, para su adecuada dirección, por otro lado es un proceso de evaluación permanente de la empresa a través de indicadores que permiten medir los signos vitales [7].

Por lo tanto es importante detectar los factores internos claves que influyen en el desarrollo del sector de las PYMES del servicio petrolero de la Cuenca del Golfo San Jorge, a través del uso de una herramienta de diagnóstico.

### **3.1. Metodologías para realizar estudios diagnósticos en empresas**

Existe una gran diversidad de metodologías y tipologías para realizar estudios diagnósticos en empresas, y cada una de ellas tiene diferentes enfoques dependiendo de las necesidades de la organización.

En una organización básicamente se pueden realizar diagnósticos integrales o específicos; los integrales no se centran en un área determinada, sino que intentan conocer en cada área los aspectos que puedan estar involucrados con la situación general de la empresa, mientras que los específicos se centran en procesos productivos, financieros, de gestión, mercado, competidores, entre otros aspectos [8].

Thibaut [9] distingue tres fases en el proceso de diagnóstico a una organización:

Fase 1 – Análisis Económico Financiero: El análisis económico financiero junto con el análisis de costos tiene como principales objetivos determinar la rentabilidad de la empresa y analizar su estabilidad financiera. Se corresponde con un enfoque jerárquico, ya que se apoya en la estructura organizativa y constituye el diagnóstico tradicional para el sistema de control de gestión ya que se identifica con el control presupuestario por centros de responsabilidad.

Fase 2 – Diagnósticos Funcionales: El enfoque funcional descompone la organización por funciones y se agrupan los procesos por especialidades en correspondencia con los sistemas de producción, contabilidad, finanzas, personal, entre otros.

Fase 3 – Diagnóstico Estratégico: Este diagnóstico permite identificar aspectos estratégicos (amenazas y oportunidades del entorno) y la diferencia entre los recursos de la empresa y aquellos medios necesarios para lograr los objetivos definidos. La consecuencia natural del diagnóstico es lograr un plan estratégico que permita definir y tomar una serie de decisiones fundamentales para la empresa a mediano y largo plazo. Considera los diferentes campos de actividad, el entorno (mercado y competencia) y su potencial interno (conocimientos técnicos, competencias, medios materiales y recursos financieros).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), para el diagnóstico empresarial, sin importar el tamaño de la misma, aplica las siguientes herramientas de diagnóstico [10]: 1) Visión Empresarial, 2) Prediagnóstico Básico, 3) Apreciación inicial sobre el Cliente, 4) Apreciación inicial sobre el Proveedor, 5) Ciclo de Compras y Cuentas por pagar, 6) Ciclo de Ventas y Cuentas por Cobrar, 7) Clima social, 8) Liderazgo, 9) Aseguramiento de la Calidad, 10) Diagnóstico de Proveeduría, 11) Diagnóstico de Pequeña Empresa, 12) Diagnóstico Financiero.

Generalmente los diagnósticos empresariales consisten en aplicar preguntas claves que puedan llegar a determinar el estado del área que se esté evaluando.

Varios estudiosos del tema de la competitividad empresarial han intentado generar modelos o metodologías con el fin de determinar la competitividad en las empresas. Los indicadores que han tomado en cuenta se pueden ver en la Tabla 3 [11].

### **3.2. Mapa de competitividad del BID**

Otra de las herramientas a destacar es el Mapa de Competitividad del BID, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)<sup>1</sup> para ser utilizado en el diagnóstico organizacional de la MIPyME.

Se trata de una herramienta de diagnóstico que se aplica en la empresa y permite conocer su estado inicial frente a la competitividad e identificar las áreas en las que presenta fortaleza y aquellas en las que tiene debilidad, con el propósito final de desarrollar planes de acción que conduzcan al mejoramiento de su competitividad. Por lo dicho, el Mapa de la Competitividad incluye aspectos internos que se encuentran bajo el control de la empresa y, por lo tanto, se considera que el nivel de la competitividad de las empresas depende de estos factores.

<sup>1</sup> BID: Es una organización financiera internacional con sede en la ciudad de Washington D.C (Estados Unidos), y creada en el año 1959 con el propósito de financiar proyectos viables de desarrollo económico, social e institucional y promover la integración comercial regional en el área de América Latina y el Caribe. Su objetivo central es reducir la pobreza en Latinoamérica y El Caribe y fomentar un crecimiento sostenible y duradero

Tabla 3. *Indicadores de competitividad empresarial*

Indicador/autor	Rubio y Aragón (2006)	De la Cruz, Morales y Carrasco (2006)	Solleiro y Castañón (2005)	OCDE (1992)	Quiroga (2003)
Indicadores externos			x		x
Tecnología	x	x	x		x
Innovación	x				
Mercadotecnia	x	x	x	x	
Recursos Humanos	x	x	x	x	x
Capacidades directivas	x				x
Recursos Financieros	x	x	x		x
Cultura	x				
Calidad	x		x		x
Producción		x		x	x
Logística		x			
Organización Interna			x		x
Compras			x	x	x
Investigación y Desarrollo			x	x	x
Interacción con proveedores y clientes				x	

A diferencia de otros métodos de diagnóstico, permite tener un análisis tanto general como específico de las áreas funcionales de una empresa.

Particularmente este instrumento se presenta bajo la forma de un cuestionario estructurado de 124 preguntas, con respuesta tipo escala, que permite indagar sobre cómo visualiza la gerencia el nivel de competitividad que alcanza la entidad en relación con otras organizaciones.

Los factores analizados con el instrumento constituyen la herramienta más aplicada para la medición de la competitividad empresarial en las PyMES y se clasifican en ocho áreas internas, descritas en la Tabla 4 [11].

Por otra parte, como se ha especificado en dicho trabajo, para su aplicación pueden realizarse las adaptaciones consideradas pertinentes por parte de cada agente y sector económico en particular. Avalando esto, y a modo de ejemplo, puede citarse el trabajo de Ibarra Cisneros y col. [12] en el que, con base en las ocho dimensiones de la competitividad empresarial del Mapa de Competitividad del BID, se diseñó un instrumento de medición compuesto por 64 preguntas (6 de planeación estratégica, 13 de producción y operaciones, 6 de aseguramiento de la calidad, 12 de comercialización, 7 de contabilidad y finanzas, 8 de recursos humanos, 5 de gestión ambiental y 7 de sistemas de información), el cual fue estructurado en escala de Likert. En el mismo sentido, en [13] se emplea como instrumento de recopilación de información una adaptación del cuestionario del Mapa de Competitividad BID, conformado por 89 preguntas con respuesta tipo escala y que permiten indagar la percepción sobre el desempeño de la empresa en las ocho dimensiones internas ya mencionadas; el desempeño de cada dimensión es medido en una escala de 0 a 100.

Así pues, en este trabajo se seguirá la metodología de varios de los autores consultados, cual es tomar las variables o áreas del Mapa de Competitividad de BID y adaptar el cuestionario (y por ende, los indicadores) a la situación de las empresas de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia. En estos momentos el diseño del instrumento está en su fase final de elaboración, sometiéndolo luego a prueba de validación como paso previo a su implementación en el trabajo de campo.

Tabla 4. Variables del mapa de competitividad del BID

Variables	Indicadores	
Planeación estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso de Planeación estratégica</li> <li>- Implementación de la estrategia.</li> </ul>	
Producción y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación y proceso de producción.</li> <li>- Capacidad de producción.</li> <li>- Mantenimiento.</li> <li>- Investigación y desarrollo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprovechamiento.</li> <li>- Manejo de inventarios.</li> <li>- Ubicación e infraestructura.</li> </ul>
Aseguramiento de la calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectos generales de la calidad</li> <li>- Sistema de calidad.</li> </ul>	
Comercialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercadeo nacional: mercadeo y ventas.</li> <li>- Mercadeo nacional: servicios.</li> <li>- Mercadeo nacional: distribución.</li> <li>- Mercadeo exportación: Plan exportador.</li> <li>- Mercadeo exportación: Producto.</li> <li>- Mercadeo exportación: Competencia y mercadeo.</li> <li>- Mercadeo exportación: Distribución física internacional.</li> <li>- Mercadeo exportación: Aspectos de negociación.</li> <li>- Mercadeo exportación: participación en misiones y ferias.</li> </ul>	
Contabilidad y finanzas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de costos y contabilidad.</li> <li>- Administración financiera.</li> <li>- Normas legales y tributarias.</li> </ul>	
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectos generales.</li> <li>- Capacitación y promoción del personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cultura organizacional.</li> <li>- Salud y seguridad industrial.</li> </ul>
Gestión ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Política ambiental de la empresa.</li> <li>- Estrategia para proteger el medioambiente.</li> <li>- Concientización y capacitación del personal en temas ambientales.</li> <li>- Administración del desperdicio.</li> </ul>	
Sistemas de información	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planeación del sistema.</li> <li>- Entradas.</li> <li>- Procesos.</li> <li>- Salidas.</li> </ul>	

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Debido a que el proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo se encuentra en su etapa inicial, no es posible mostrar resultados obtenidos en el trabajo de campo propuesto. Se ha construido la base de datos, logrando la identificación de 208 empresas que cumplen con los requisitos antes explicitados y se han clasificado en los subsectores definidos según la actividad que desarrollan, perteneciendo algunas a más de un subsector.

Los subsectores con mayor cantidad de PyMES han resultado ser: Ingeniería y Obras Metalmeccánicas (85 empresas) y Servicios Petroleros en Yacimiento (82 empresas); por otra parte, los sectores que tienen la menor cantidad han sido: Instrumentación, Informática y Comunicación (20 empresas) e Higiene y Seguridad Industriales, incluyendo ambiente (13 empresas).

A partir entonces de este universo a explorar, pueden delinarse cuáles son algunos de los resultados esperados.

Las variables adoptadas para el diagnóstico de las PyMES de Servicios Petroleros de Comodoro Rivadavia, son las establecidas en el Mapa de Competitividad del BID y en función de dichos parámetros se confeccionó el instrumento de medición.

La encuesta es un método sistemático, no experimental, de recolección de información de un grupo seleccionado de personas (muestra) mediante preguntas. En nuestro caso, la encuesta estará dirigida a las PyMES locales proveedoras de servicios petroleros y estará conformada por preguntas mayoritariamente cerradas, para facilitar la interpretación al momento del análisis y para minimizar el tiempo y dificultad de respuesta, de forma de obtener así mayor porcentaje de encuestas respondidas; cuando corresponda efectuar un análisis de actitudes, se usará escala de valoración tipo Likert.

Según la experiencia del grupo -que ya ha realizado encuestas en el medio productivo en diferentes trabajos de investigación- este trabajo de campo suele extenderse en el tiempo, debido a que los propietarios o responsables de las PyMES argumentan falta de tiempo por sus múltiples tareas, reticencia inicial a brindar información, etc., por lo que se utilizarán distintas formas de encuestar, desde cuestionario administrado mediante entrevista con varias visitas a la empresa o cuestionario autoadministrado (formulario enviado vía mail, formulario vía internet utilizando google drive, etc.); todas esas estrategias se emplearán en este trabajo según se obtengan respuestas, a fin de maximizar el número de encuestas respondidas.

A partir de la caracterización de las PyMES de servicios petroleros que se realice, hay claras posibilidades de transferir los resultados hacia las empresas, a través de la Cámara de Empresas Regionales de Servicios Petroleros y de los Programas específicos destinados a PyMES desde las empresas operadoras. Por otra parte, esa información puede ser de utilidad para entes gubernamentales (como el Ministerio de Hidrocarburos de la Provincia) para la planificación de sus políticas en función de las falencias que se presenten en las distintas áreas.

Se procederá también a la devolución de resultados a los empresarios que respondieron la encuesta, lo que les permitirá comprender el potencial de la empresa para explotarlo y hacer de ello una ventaja competitiva; además se pueden generar posibles alternativas de solución a los problemas que se evidencien en este mapa.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Energía y Minería. Producción de Petróleo y Gas. (2018). Tablas dinámicas. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3299>
- [2] Mansilla Diego. (2013): "Análisis de Diagnóstico Tecnológico Sectorial-Petróleo y Gas". Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Secretaría de Planeamiento y Políticas, Marzo 2013.
- [3] Prado, Mariano; Robledo, Marcelo. (2015). "La actividad petrolera en la zona norte de la Provincia de Santa Cruz: el papel de los actores empresariales regionales y su relación con el Desarrollo Territorial". Revista de Estudios Regionales | 11 | págs. 101-120. Año 2015.
- [4] López, Enrique. (2013). "Relaciones intersectoriales e importancia en la economía nacional". La economía petrolera en Colombia, parte II Núm. 748. Año 2013.
- [5] Martínez Ortiz, Astrid. (2014) "Reporte Anual de Recursos Naturales y Desarrollo 2014", Red Sudamericana de Economía Aplicada/Red Sur.
- [6] UIA. 2008. "Debilidades y Desafíos Tecnológicos del Sector Productivo- Servicios Petroleros Mendoza".
- [7] Valdez Rivera, Salvador. (1998). *Diagnóstico Empresarial. Método para identificar, resolver y controlar problemas en las empresas*. México. 1ra Ed. Trillás.
- [8] Braidot, Néstor; Formento, Héctor, Nicolini, Jorge. (2003). "Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicios" Instituto de la Industria Marzo 2003.
- [9] Thibaut, Jean Pierre. (1994). *Manual de diagnóstico de la empresa*. España. S.A. Ediciones Paraninfo.
- [10] Jiménez Blasco, Guillermo. (2008). Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Desarrollo de redes de abastecimiento de la Pyme <http://www.unido.org/filead>
- [11] Saavedra García, María Luisa. (2012). Una propuesta para la determinación de la competitividad en la pyme latinoamericana. Pensamiento y Gestión N° 33. Universidad del Norte, 93-124, 2012.
- [12] Ibarra Cisneros, Manuel Alejandro; González Torres, Lourdes Alicia; Demuner Flores; María del Rosario. (2017). "Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California" Estudios Fronterizos 18(35) enero-abril de 2017, pp. 107-1.
- [13] Vera-Colina, Mary A.; Melgarejo-Molina, Zuray A.; Mora-Riapira, Edwin H. (2013). "Competitividad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas del Sector Comercio – Bogotá. Análisis de percepciones". XXX Conferencia Interamericana de Contabilidad, Uruguay, 2013.

## Agradecimiento

Los autores de este trabajo desean agradecer la colaboración de la Mg Ing. María Esther Carbia, asesora de la Unidad Ejecutora del Proyecto en el que se enmarca el presente trabajo.

# Análisis de la cultura organizacional e identificación de la necesidad de cambio cultural en empresas argentinas mediante el Modelo OCAI

Mohamad, Jorge Alejandro\* (1); Cristobal, Gonzalo\*; Dialeva, Agustín\*; Guyot, Nicolás\*; Re, Juan Ignacio\*; Colombo, Federico Andrés\*

*\*Universidad Católica Argentina. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias*

*(1) jorge\_mohamad@uca.edu.ar*

## Resumen

Una de las dimensiones fundamentales en el estudio y análisis de las organizaciones es la denominada "cultura organizacional". Esta se puede entender como la *interpretación colectiva de los miembros de la organización acerca de la realidad del entorno que los rodea, y que los diferencia de los miembros de otra organización*. Esta cultura se manifiesta en los integrantes de la organización por los comportamientos observados, los instrumentos técnicos usados, y las normas, usos y costumbres, derivados de un conjunto de valores compartidos. De manera que estudiar la modalidad en que cada organización construye su cultura es clave para poder instalar los estilos de gestión y la estrategia competitiva que esa organización debería adoptar para ser exitosa en su ámbito de actividad. Si tomamos el caso particular de las organizaciones empresariales, el éxito se traduce en su posición competitiva de mercado, su resultado económico y su permanencia en el negocio. El presente trabajo tiene como objetivo analizar las construcciones culturales reales en una muestra de empresas de Argentina, y la necesidad de llevar a cabo un cambio cultural para adaptar la gestión a la estrategia del negocio. Se aplica el Modelo OCAI como Marco Teórico. Como resultado del trabajo observamos que las personas prefieren organizaciones en las que, sin perder la orientación al mercado, privilegien la flexibilidad, la innovación y el conocimiento, disminuyendo la rigidez de los procedimientos estandarizados jerárquicamente.

**Palabras Claves:** Cultura organizacional. Competitividad. Modelo OCAI

## Abstract

One of the most important dimensions in organizational studies is what is called organizational culture. It is understood as the interpretation of the members of the organization towards the reality of the environment that surrounds it, and which makes a difference from the members of another organization. This culture takes form through the observed behavior of the members, the technical gadgets applied and the norms, customs and habits derived from the values adopted by the organization. So, the way every organization builds its own culture is the key to understand management styles and the competitive strategy that should be adopted to achieve its objectives and goals into its business activity. If we refer to business companies, the success is measured by its position into the market, its economic results and its permanence in business. This paper aims to analyze actual culture in a sample of companies in Argentina and the need to make cultural changes to adapt the management to the company strategy. The OCAI model will be applied as theoretical reference. As a result, a culture based on more flexibility is required by people at work.



## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de conocimientos de la administración de empresas –una de las áreas que conforman el alcance de la actividad profesional de la ingeniería industrial- encontramos las funciones de planeamiento, organización, dirección y control. Mientras que la función de organización se identifica con el diseño de la estructura y la función de dirección con la comunicación y la motivación para que las personas cumplan con los objetivos, ha ido surgiendo en los últimos años una nueva área de la administración que se denomina comportamiento organizacional, la cual combina aspectos de estas dos funciones tradicionales.

Podemos decir que entendemos por comportamiento organizacional al “efecto que los individuos, los grupos y la estructura tienen en la forma de actuar de la organización, y su propósito es mejorar el desempeño de esta” [1].

Vamos a centrar el presente trabajo en una de las dimensiones claves del comportamiento organizacional que es la “cultura organizacional”. Esta se puede entender, en una primera y breve aproximación, como la *interpretación colectiva de los miembros de la organización acerca de la realidad del entorno que los rodea, y que los diferencia de los miembros de otra organización*.

Este concepto de cultura organizacional es fundamental porque lo podemos ver como el eje que alinea la estructura con la ejecución de la estrategia de la empresa.

En la Figura 1 se representa un modelo en el que se relaciona a la estrategia con la estructura y con la cultura, definiendo lo que podemos denominar una administración integrada.



Figura 1. Modelo de Administración Integrada

Comenzaremos el trabajo describiendo el marco teórico, continuando con los objetivos, el trabajo de campo, y terminando con las conclusiones obtenidas de aplicar el modelo teórico al trabajo de campo.

Como Anexo incluimos la herramienta de aplicación (encuesta) del Modelo OCAI.

## 2. MARCO TEÓRICO

A fin de desarrollar el estudio y llevar adelante el trabajo de campo, vamos a plantear un marco teórico en dos partes. En la primera describiremos los conceptos teóricos generales sobre cultura organizacional y en la segunda el Modelo OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument).

### 2.1. Cultura Organizacional

Partiendo del concepto básico de organización como el conjunto interrelacionado de actividades entre dos o más personas que interactúan para procurar el logro de un objetivo común, a través de una estructura en la que se distinguen roles y funciones mediante la división del trabajo, en la que se identifica un esquema jerárquico de autoridad y responsabilidad; podemos concluir que toda organización es un sistema socio-cultural. Esto es así por el hecho de que los integrantes de la organización forman una comunidad que se autointerpreta e interpreta al entorno que la rodea de una forma particular, buscando diferenciarse del resto de las organizaciones y de ese mismo entorno.

Hay diferentes aproximaciones al concepto de cultura en la organización. Podemos citar a algunas de los autores más reconocidos, como Geert Hofstede “programación mental colectiva que distingue a los miembros de una organización de otra”, y a Edgar Schein “modelo de presunciones básicas, inventadas, descubiertas o desarrolladas por un grupo dado al ir aprendiendo a enfrentarse con sus problemas de adaptación externa e integración interna, que hayan ejercido la suficiente influencia como para ser consideradas válidas y, en consecuencia, ser enseñadas a los nuevos miembros como el modo correcto de percibir, pensar y sentir los problemas” [1].

En todos los casos, esta cultura se pone en evidencia por una serie de manifestaciones, entre las que encontramos: a) comportamientos observados, b) lenguaje empleado, c) ritos, ceremonias y

símbolos, d) normas, usos y costumbres, e) valores predominantes sobre los que se basan las políticas, f) clima interno (cumplimiento de las expectativas de los miembros). En resumen, es la *manera característica de hacer las cosas y que las diferencia de los demás*.

En las empresas como organizaciones, la cultura construida asociada con la estructura organizacional diseñada, deben estar alineadas con la estrategia para asegurar el éxito en cuanto al logro de sus objetivos competitivos.

## 2.2. Modelo de Cultura OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument)

El modelo OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument) [2] usa un instrumento que se encuentra en el Anexo para diagnosticar la cultura organizacional. Este modelo ha sido usado durante un considerable número de años para diagnosticar la cultura de una gran cantidad de organizaciones de manera que ha alcanzado un grado de madurez que nos asegura su replicabilidad. El instrumento consiste en un cuestionario a ser aplicado en una muestra representativa de integrantes de la organización. Su diseño está estructurado en las siguientes seis dimensiones:

1. Características Dominantes de la Organización
2. Liderazgo Organizacional
3. Estilo de Gestión
4. Factores de Integración
5. Énfasis Estratégico
6. Criterios de Éxito

### Perfiles Culturales

Desde el punto de vista de la caracterización de la cultura organizacional el modelo la clasifica en cuatro perfiles ideales. Es conveniente aclarar que las organizaciones no se adaptan exclusivamente a uno de estos perfiles, sino que combinan características de estos con predominancia de alguno.

Previo a la explicación de los cuatro perfiles ideales debemos aclarar cómo se combinan estas características. Es fácil reconocer dentro de las organizaciones aquellas que hacen mayor foco al medio ambiente interno de su propia empresa o aquella que externaliza mayormente sus ideas. Es por esto por lo que nos encontramos con dos valores contrarios, interno y externo, que van a predominar de forma diferenciada en los perfiles posteriormente analizados. De la misma forma nos encontramos con otras dos características que aglutinan a estos perfiles. Son igualmente contrarios como los valores externos e internos, pero estos hacen mayor foco en la flexibilidad o estabilidad que la organización adopte.

Con esto, el modelo define los cuatro perfiles de cultura siguientes:

- Jerárquica/ Burocrática
- Orientada al Mercado
- Clan/ Club/ Comunidad
- Adhocracia/ Flexible/ Orgánica

Esto se ve claramente reflejado en el gráfico que utilizaremos más adelante para evaluar los resultados del trabajo de campo. En la Figura 2 se muestra el modelo y la vinculación entre perfiles culturales y características combinadas.

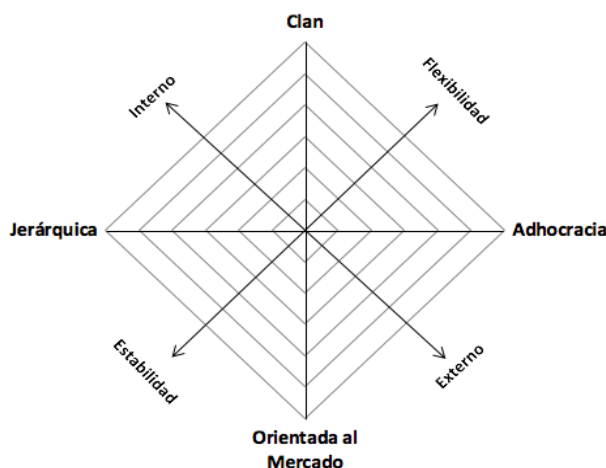


Figura 2. Modelo OCAI: Vinculación entre Perfiles y Características

Describiremos a continuación estos cuatro tipos de cultura:

#### **Jerárquica / Burocrática:**

- A principios de 1900, Max Weber comenzó con sus estudios sociológicos sobre entidades gubernamentales. Rápidamente notó que las organizaciones se dedicaban a proveer



bienes y servicios a una sociedad que, con el pasar de los años, la misma se complejizaba. Weber logra caracterizar a la cultura **burocrática**, con los siguientes términos:

- Reglas
- Especialización
- Meritocracia
- Propiedad
- Jerarquía

Esta definición cultural fue suficiente para que hasta los años 60' se la considerara como el paradigma a aplicar por las organizaciones con el fin de aumentar sus niveles de eficiencia.

- Cultura basada en fuertes características que, según su metodología de aplicación, busca llevarnos al éxito. Para esto se rige dentro de líneas claras de decisión con tendencia autoritaria apoyadas sobre reglas y procesos estandarizados acompañados de herramientas de control de gestión.
- Las personas se encuentran gobernadas por los procedimientos y buscan ser acompañadas por líderes, coordinadores y organizadores eficientes.

#### **Orientada al Mercado:**

- A fines de 1960 comienzan a aparecer nuevos mercados competitivos que se convirtieron en nuevos desafíos para las distintas organizaciones. Es por esto por lo que autores como Oliver Williamson (1975) dejan de lado las culturas Jerárquicas para demostrar que es posible aumentar la eficiencia de la empresa concentrándose en aspectos más externos y estables, es decir, saliendo al mercado.
- Cultura enfocada en relaciones externas con el fin de obtener mayores ventajas competitivas en el mercado. Busca generar fuertes vínculos con proveedores, contratistas y principalmente con los clientes. Internamente las organizaciones establecen el concepto de "ganadores" por sobre sus competidores.
- Los valores dominantes de esta cultura son la competitividad, productividad y resultados con el fin de lograr un fuerte posicionamiento en el mercado.

#### **Clan / Club / Comunidad**

- A principios de los 70's, numerosas investigaciones dieron a conocer las diferencias entre las culturas anteriormente expuestas que predominaban en organizaciones americanas y la cultura de Clan. El nacimiento de esta cultura comenzó luego de la Segunda Guerra Mundial, principalmente en Japón. A través de ella se pudo observar como con el simple hecho de compartir e intentar fomentar una cultura de propiedad de la organización hacia los empleados, podríamos obtener elevados resultados de calidad. Fueron estos valores los que permitieron a los japoneses poder recomponerse tanto a nivel país como organizacional luego de este hecho histórico.
- Es una cultura con cierta similitud a aquellas organizaciones de tipo familiar donde se comparten los valores y se establecen objetivos en común.
- Prima el trabajo en equipo donde los empleados cumplen un rol fundamental en la toma de decisiones. Es decir que existe un compromiso corporativo para darles participación en un ambiente donde los principales pilares son la lealtad y el compromiso.

#### **Adhocracia / Flexible / Orgánica**

- El cambio de la era industrial hacia la era de la información, nos llevó a que emerjan nuevas tendencias culturales. Este tipo de cultura flexible se encuentra en pleno periodo de desarrollo.
- Es una cultura cuyos principales pilares son la innovación y las nuevas ideas de cara al futuro. Prima la capacidad de rápida adaptación, flexibilidad y creatividad para alinearse rápidamente a nuevas tendencias generando nuevas oportunidades.
- No es fácil la implementación de un organigrama ya que su estructura es dinámica y se adapta en función de las necesidades demandadas por la organización.

### **3. OBJETIVOS**

Para plantear los objetivos del presente trabajo vamos a partir de la hipótesis de que la cultura organizacional en empresas argentinas es una construcción social, cuyos resultados están influenciados por los modelos de gestión.

Bajo el supuesto de esta hipótesis definimos los siguientes objetivos:

- Estudiar los modelos de construcción de la cultura organizacional en una muestra de empresas argentinas, a través de sus formas de gestión.
- Analizar las construcciones culturales reales y la necesidad de llevar a cabo un cambio cultural para adaptar la gestión a la estrategia del negocio, dentro de la misma muestra.

#### 4. TRABAJO DE CAMPO

La metodología de investigación consiste en aplicar la herramienta en dos etapas. En la primera etapa, el objetivo es identificar la cultura actual de la organización. En la segunda, se busca identificar la cultura que los miembros de la organización consideran que debería adoptar para que esta esté alineada con la estrategia del negocio en relación con su entorno competitivo.

Para el diseño del trabajo de campo se seleccionó una muestra representativa de siete (7) empresas argentinas de diferentes sectores y tamaños –industriales, de servicios, grandes empresas y PyMEs- sobre las cuales se aplicó el instrumento a un grupo de personas de los denominados mandos medios. La decisión de aplicar el instrumento a esta franja responde a que la alta dirección suele estar sesgada en sus opiniones por el hecho que son los responsables de la definición de estrategias y políticas, y que con las franjas operativas se correría el riesgo de una interpretación errónea de los conceptos vertidos en el instrumento. Si se quisiera trabajar con estas franjas operativas deberíamos aplicar una metodología de entrevistas u observación participante que estarían fuera del alcance de este trabajo.

De esta manera, los encuestados completaron la primera etapa, y luego de una semana, a fin de no condicionar las respuestas, completaron la segunda.

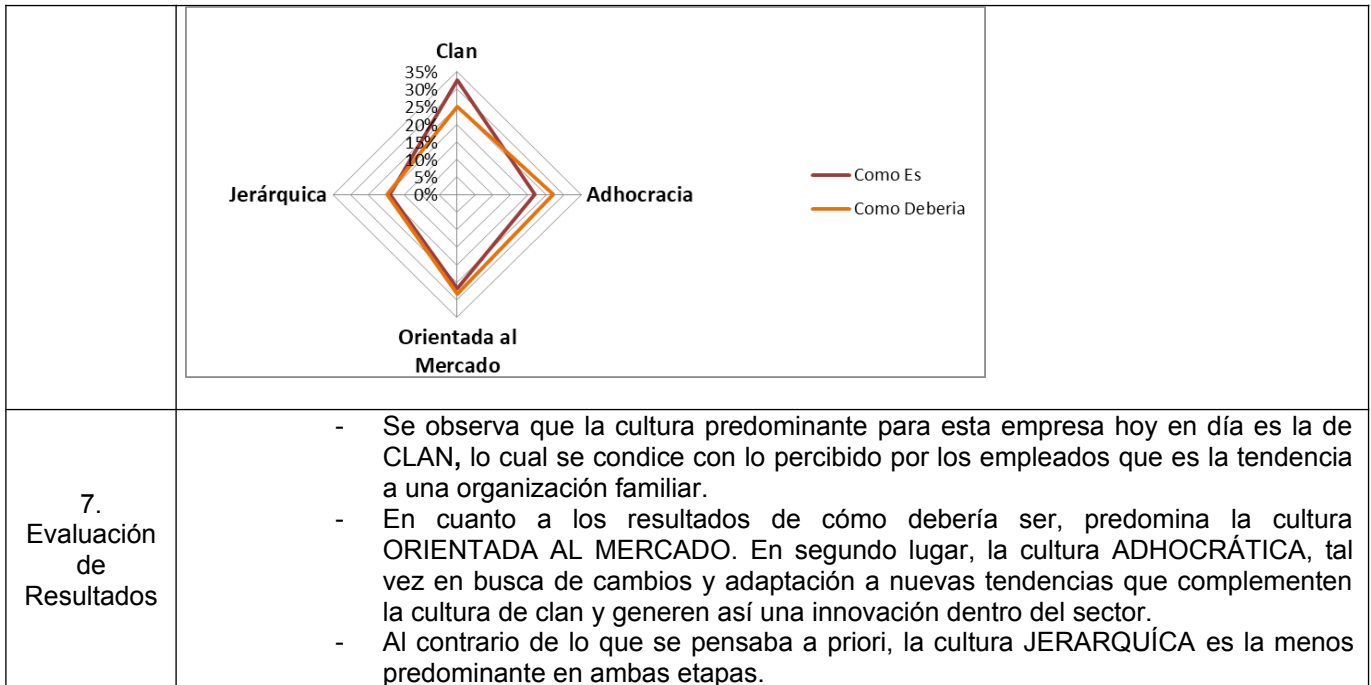
La encuesta debe ser completada de una manera específica. Cada dimensión tiene cuatro proposiciones que la resumen y que el encuestado debe valorizar en qué proporción cada una de éstas representa a su organización, de manera tal que la suma de las cuatro sea el 100%.

Al completar este cuestionario, se obtiene un relevamiento de los supuestos fundamentales con los que opera la organización y los valores que la caracterizan. Por lo tanto, no hay respuestas correctas o erróneas, así como tampoco hay una cultura correcta o errónea.

##### 4.1. Resultados obtenidos del Trabajo de Campo

Los resultados obtenidos del trabajo de campo se presentan en los siguientes 7 cuadros:

EMPRESA "A"																																	
1. Industria	Automotriz																																
2. Área	Logística – Abastecimiento																																
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Distribución de autopartes a nivel nacional (Argentina).</li> <li>○ <b>Principales clientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concesionario de Automóviles.</li> <li>- Casas de Repuestos.</li> </ul> </li> </ul>																																
4. Cultura Teórica	<p style="text-align: center;">Jerárquica - Orientada al Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es necesario mantener fuertes vínculos con los agentes externos de la empresa para mantener elevados niveles de servicio hacia los clientes y a su vez nos tendremos que alinear con los procesos estrictos y correctamente estandarizados para poder lograr esto.</li> <li>- A través de esta combinación cultural y sus valores, podremos lograr la estabilidad que requiere este negocio.</li> </ul> </li> </ul>																																
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 empleados de cargos medios: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable de Almacén</li> <li>▪ Responsable de Gestión Relación Cliente</li> <li>▪ Responsable de Referenciamiento (Control de Stock / SKUs)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ <b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los encuestados comentaban que trabajaban como si fueran una familia.</li> <li>- Todos ellos trabajan físicamente en el mismo lugar y forman parte de un mismo flujo de información.</li> </ul> </li> </ul>																																
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>585</td> <td style="background-color: #f28b82;">32,50%</td> <td>450</td> <td>25,00%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>395</td> <td>21,94%</td> <td>485</td> <td>26,94%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>480</td> <td>26,67%</td> <td>510</td> <td style="background-color: #f28b82;">28,33%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>340</td> <td>18,89%</td> <td>355</td> <td>19,72%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Desvío Estándar:</b> <table border="1" style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #f28b82;">2,87%</td> <td style="background-color: #f28b82;">3,82%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></li> </ul>					Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	585	32,50%	450	25,00%	<b>Adhocracia</b>	395	21,94%	485	26,94%	<b>Orientada al Mercado</b>	480	26,67%	510	28,33%	<b>Jerárquica</b>	340	18,89%	355	19,72%	Cómo Es	Cómo Debería	2,87%	3,82%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																													
<b>Clan</b>	585	32,50%	450	25,00%																													
<b>Adhocracia</b>	395	21,94%	485	26,94%																													
<b>Orientada al Mercado</b>	480	26,67%	510	28,33%																													
<b>Jerárquica</b>	340	18,89%	355	19,72%																													
Cómo Es	Cómo Debería																																
2,87%	3,82%																																



Cuadro 1. Resultados Empresa "A"

EMPRESA "B"																														
1. Industria	Automotriz																													
2. Área	Producción																													
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Producción de Vehículos</li> <li>○ <b>Principales clientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concesionarios de Automóviles</li> </ul> </li> </ul>																													
4. Cultura Teórica	<p>Jerárquica - Orientada al Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La combinación cultural jerárquica con orientación al mercado es la que mejor se alinea al modelo de negocio en estudio. Sus valores tienen que vincularse con una estrategia que haga foco tanto en el contexto interno como externo de la empresa.</li> <li>- A su vez, mediante una cultura jerárquica donde priman los procesos estandarizados, podremos lograr la estabilidad correspondiente para cumplir con los planes de producción teniendo niveles mínimos de stock y logrando los objetivos.</li> </ul> </li> </ul>																													
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 empleados de cargos medios: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ing. Senior Frame (Chasis)</li> <li>▪ Ing. Senior en Mejora Continua</li> <li>▪ Supervisor Producción</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ <b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la estructura de la organización se asocia las tareas de Mejora Continua con el área de Recursos Humanos.</li> </ul> </li> </ul>																													
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>505</td> <td>28,06%</td> <td>515</td> <td><b>28,61%</b></td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>355</td> <td>19,72%</td> <td>445</td> <td>24,72%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>405</td> <td>22,50%</td> <td>455</td> <td>25,28%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>535</td> <td><b>29,72%</b></td> <td>385</td> <td>21,39%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ Desvío Estándar: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>7,31%</b></td> <td><b>8,59%</b></td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></li> </ul>		Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	505	28,06%	515	<b>28,61%</b>	<b>Adhocracia</b>	355	19,72%	445	24,72%	<b>Orientada al Mercado</b>	405	22,50%	455	25,28%	<b>Jerárquica</b>	535	<b>29,72%</b>	385	21,39%	Cómo Es	Cómo Debería	<b>7,31%</b>	<b>8,59%</b>
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																										
<b>Clan</b>	505	28,06%	515	<b>28,61%</b>																										
<b>Adhocracia</b>	355	19,72%	445	24,72%																										
<b>Orientada al Mercado</b>	405	22,50%	455	25,28%																										
<b>Jerárquica</b>	535	<b>29,72%</b>	385	21,39%																										
Cómo Es	Cómo Debería																													
<b>7,31%</b>	<b>8,59%</b>																													

7. Evaluación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La estructura jerárquica reflejada por la empresa se ve directamente vinculada con la rigurosa estandarización de procedimientos que se necesitan en áreas de producción.</li> <li>- La cultura de Clan se reafirma en ambas etapas y muestra el empoderamiento que la organización le da a sus empleados para la toma de decisión y aplicación de propuestas de mejora.</li> <li>- Para el Cómo debería, se busca reducir valores jerárquicos que pasen a ser tanto adhocráticos, obteniendo el beneficio de la innovación, como también valores orientados al mercado.</li> <li>- Por último, se observa un desvío estándar superior a la media de los demás análisis, lo que indica una menor homogeneidad de los resultados, que puede ser producto de una etapa de cambio de cultura organizacional, o de la diversidad de puntos de vista con respecto a la cultura por la diferencia de las funciones de los cargos encuestados.</li> </ul>	

Cuadro 2. Resultados Empresa "B"

EMPRESA "C"																																	
1. Industria	Consumo Masivo																																
2. Área	Comercial																																
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Venta de productos de higiene para bebés y adultos</li> <li>○ <b>Principales clientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supermercados, Mayoristas, Pañaleras, Farmacias</li> </ul> </li> </ul>																																
4. Cultura Teórica	<p style="text-align: center;">Orientada al mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La organización se desarrolla en un rubro con alto nivel de competitividad, está fuertemente vinculada al mercado. Es indispensable el trabajo en equipo y la flexibilidad para hacer frente a los posibles cambios de mercado.</li> </ul> </li> </ul>																																
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 empleados de cargos medios: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable Trade Marketing</li> <li>▪ Responsable Trade Marketing Categorías</li> <li>▪ Responsable Recursos Humanos</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>																																
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>715</td> <td style="background-color: #f4a460;">39,72%</td> <td>795</td> <td style="background-color: #92d050;">44,17%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>285</td> <td>15,83%</td> <td>390</td> <td>21,67%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>480</td> <td>26,67%</td> <td>360</td> <td>20,00%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>320</td> <td>17,78%</td> <td>255</td> <td>14,17%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ Desvío Estándar: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #92d050;">4,40%</td> <td style="background-color: #92d050;">3,60%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></li> </ul>					Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	715	39,72%	795	44,17%	<b>Adhocracia</b>	285	15,83%	390	21,67%	<b>Orientada al Mercado</b>	480	26,67%	360	20,00%	<b>Jerárquica</b>	320	17,78%	255	14,17%	Cómo Es	Cómo Debería	4,40%	3,60%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																													
<b>Clan</b>	715	39,72%	795	44,17%																													
<b>Adhocracia</b>	285	15,83%	390	21,67%																													
<b>Orientada al Mercado</b>	480	26,67%	360	20,00%																													
<b>Jerárquica</b>	320	17,78%	255	14,17%																													
Cómo Es	Cómo Debería																																
4,40%	3,60%																																

7. Evaluación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la primera etapa, vemos que la empresa está fuertemente vinculada a una cultura de CLAN, donde se hace mucho hincapié en el trabajo en equipo para la toma de decisiones. Además, por las características de la organización, está orientada al mercado, ya que es dependiente de los competidores y de los clientes.</li> <li>- En la segunda etapa podemos ver que busca inclinarse a una organización más moderna, innovadora y flexible. Ante los cambios de mercado y la inestabilidad económica del país, la organización debe actuar con rapidez y flexibilidad para continuar en la competitividad.</li> <li>- Podemos observar una alineación entre la estrategia y la cultura.</li> </ul>

Cuadro 3. Resultados Empresa "C"

EMPRESA "D"																														
1. Industria	Servicios FinTech (Financial Technology)																													
2. Área	General																													
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Brindar un servicio de información de gestión comercial y financiera a través de terminales electrónicas al sector comercial.</li> <li>○ <b>Principales clientes:</b> Comercios de retail.</li> </ul>																													
4. Cultura Teórica	<p style="text-align: center;">Clan - Adhocracia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una empresa con estos perfiles culturales busca principalmente ser una organización flexible sin dejar de lado los aspectos internos como externos.</li> <li>- A su vez, se caracteriza tanto por la importancia de los empleados como la de sus clientes.</li> </ul> </li> </ul>																													
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 empleados de cargos medios.</li> </ul> </li> <li>○ <b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es una empresa de servicio con una estructura extremadamente horizontal.</li> <li>- Los empleados trabajan por proyectos y según lo demandado por los clientes.</li> </ul> </li> </ul>																													
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1" data-bbox="284 1563 1404 1776"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>620</td> <td style="background-color: #d9534f; color: white;">34,44%</td> <td>555</td> <td>30,83%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>590</td> <td>32,78%</td> <td>620</td> <td style="background-color: #d9534f; color: white;">34,44%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>305</td> <td>16,94%</td> <td>345</td> <td>19,17%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>285</td> <td>15,83%</td> <td>280</td> <td>15,56%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Desvío Estándar:</b> <table border="1" data-bbox="590 1839 975 1926"> <thead> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9534f; color: white;">3,53%</td> <td style="background-color: #d9534f; color: white;">3,45%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></li> </ul>		Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	620	34,44%	555	30,83%	<b>Adhocracia</b>	590	32,78%	620	34,44%	<b>Orientada al Mercado</b>	305	16,94%	345	19,17%	<b>Jerárquica</b>	285	15,83%	280	15,56%	Cómo Es	Cómo Debería	3,53%	3,45%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																										
<b>Clan</b>	620	34,44%	555	30,83%																										
<b>Adhocracia</b>	590	32,78%	620	34,44%																										
<b>Orientada al Mercado</b>	305	16,94%	345	19,17%																										
<b>Jerárquica</b>	285	15,83%	280	15,56%																										
Cómo Es	Cómo Debería																													
3,53%	3,45%																													

7. Evaluación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cultura predominante para esta empresa hoy en día es un balance entre los perfiles de Clan y Adhocracia, lo cual se condice con en el hecho de ser una PyME de servicios y de tecnología con una organización del tipo familiar.</li> <li>- El “Cómo Debería” refuerza el “Cómo Es”, con la única salvedad que las personas entrevistadas tienden a una mayor flexibilidad reduciendo la familiaridad y potenciando la orientación al mercado y a los clientes.</li> <li>- Empresa joven que busca la cultura más moderna, en este caso la adhocrática.</li> </ul>	

Cuadro 4. Empresa “D”

EMPRESA “E”																														
1. Industria	Automotriz																													
2. Área	Compras - Calidad																													
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Producción de Vehículos</li> <li>○ <b>Principales clientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concesionarios de Automóviles</li> </ul> </li> </ul>																													
4. Cultura Teórica	<p style="text-align: center;">Jerárquica - Orientada al Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La combinación cultural jerárquica con orientación al mercado es la que mejor se alinea al modelo de negocio en estudio. Sus valores tienen que vincularse con una estrategia que haga foco tanto en el contexto interno como externo de la empresa.</li> <li>- Como empresa automotriz y en función del sector en estudio es claro que va a ser necesario la aplicación de procesos estrictos y estandarizados que generen una tendencia hacia lo jerárquico.</li> </ul> </li> </ul>																													
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 empleados de cargos medios. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable de Compras</li> <li>▪ Asistente Técnico Calidad</li> <li>▪ Asistente Técnico Calidad</li> <li>▪ Responsable de RRHH</li> <li>▪ Responsable de Ingeniería</li> <li>▪ Responsable de Proyectos</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>																													
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1" data-bbox="355 1585 1441 1765"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>840</td> <td>23,33%</td> <td>1210</td> <td>33,61%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>430</td> <td>11,94%</td> <td>1215</td> <td>33,75%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>1345</td> <td>37,36%</td> <td>580</td> <td>16,11%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>985</td> <td>27,36%</td> <td>595</td> <td>16,53%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Desvío Estándar:</b> <table border="1" data-bbox="651 1832 1147 1915"> <thead> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13,09%</td> <td>9,72%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></li> </ul>		Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	840	23,33%	1210	33,61%	<b>Adhocracia</b>	430	11,94%	1215	33,75%	<b>Orientada al Mercado</b>	1345	37,36%	580	16,11%	<b>Jerárquica</b>	985	27,36%	595	16,53%	Cómo Es	Cómo Debería	13,09%	9,72%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																										
<b>Clan</b>	840	23,33%	1210	33,61%																										
<b>Adhocracia</b>	430	11,94%	1215	33,75%																										
<b>Orientada al Mercado</b>	1345	37,36%	580	16,11%																										
<b>Jerárquica</b>	985	27,36%	595	16,53%																										
Cómo Es	Cómo Debería																													
13,09%	9,72%																													

	<p>The radar chart compares 'Como Es' (red line) and 'Como Debería' (green line) across four dimensions: Clan, Adhocracia, Orientada al Mercado, and Jerárquica. The Y-axis represents percentage from 0% to 40%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Como Es (%)</th> <th>Como Debería (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Clan</td> <td>~25%</td> <td>~35%</td> </tr> <tr> <td>Adhocracia</td> <td>~10%</td> <td>~25%</td> </tr> <tr> <td>Orientada al Mercado</td> <td>~35%</td> <td>~25%</td> </tr> <tr> <td>Jerárquica</td> <td>~25%</td> <td>~15%</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensión	Como Es (%)	Como Debería (%)	Clan	~25%	~35%	Adhocracia	~10%	~25%	Orientada al Mercado	~35%	~25%	Jerárquica	~25%	~15%	
Dimensión	Como Es (%)	Como Debería (%)															
Clan	~25%	~35%															
Adhocracia	~10%	~25%															
Orientada al Mercado	~35%	~25%															
Jerárquica	~25%	~15%															
7. Evaluación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cultura actual de la organización prioriza al cliente por sobre todas las cosas. Esto se observa por la fuerte tendencia a la orientación al mercado.</li> <li>- En el Cómo Debería requiere un cambio hacia una mayor flexibilización e innovación, y eso se logra perdiendo influencia en otro perfil cultural, en este caso en la orientación al mercado.</li> <li>- Se observa claramente cómo la cultura y la estrategia de la organización no están totalmente alineadas por la diferencia que vemos entre los resultados del cómo es y cómo debería. Habría que analizar la mejor manera de alinearlas.</li> <li>- Por otro lado, se observa también el mayor valor de desvío estándar de los análisis realizados que refleja perfiles muy marcados y diferentes entre los encuestados.</li> </ul>																

Cuadro 5. Resultados Empresa "E"

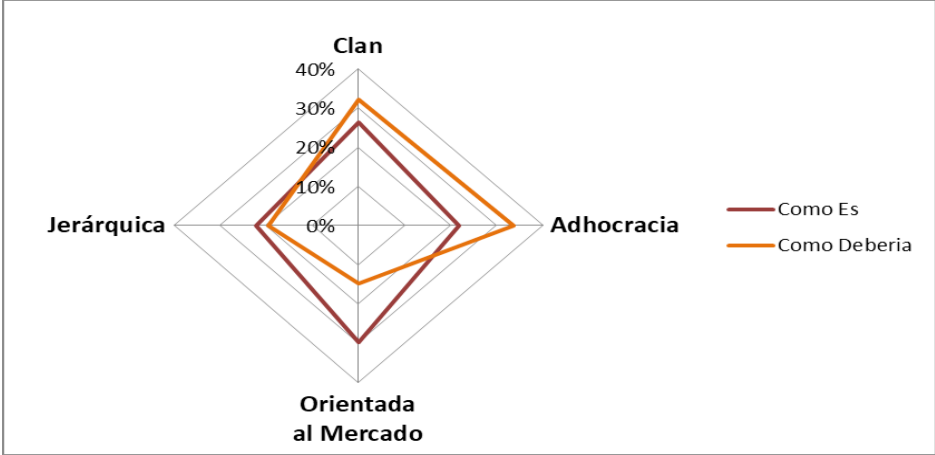
EMPRESA "F"																										
1. Industria	Consumo masivo. Servicios																									
2. Área	Logística – Administración - RRHH																									
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Distribuidora de bebidas alcohólicas y servicio de barra para eventos</li> <li>○ <b>Tipo de negocio:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>B2B:</b> distribuidora a través de terceros y servicio de barra para todo tipo de empresa/organización</li> <li>2. <b>B2C:</b> servicio de barra para cliente final (ej.: casamiento)</li> </ol> </li> </ul>																									
4. Cultura Teórica	<p style="text-align: center;">Orientada al Mercado - Clan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estos modelos de negocio buscan una cultura de tipo familiar, donde el compromiso y la lealtad son valores fundamentales para alcanzar los objetivos.</li> <li>- Se busca lograr una ventaja competitiva a través de fuertes vínculos con los proveedores y así satisfacer a los clientes.</li> </ul> </li> </ul>																									
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 empleados de cargos medios: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerente de Operaciones y Logística</li> <li>▪ Jefe de Administración</li> <li>▪ Responsable de RRHH</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>○ <b>Metodología u observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es una empresa de una década que se encuentra en un proceso de cambio importante en cuanto a estructura interna y sistema.</li> </ul> </li> </ul>																									
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>560</td> <td style="background-color: #f08080;">46,67%</td> <td>290</td> <td>24,17%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>197</td> <td>16,42%</td> <td>278</td> <td>23,17%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>158</td> <td>13,17%</td> <td>460</td> <td style="background-color: #f4a460;">38,33%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>285</td> <td>23,75%</td> <td>172</td> <td>14,33%</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>○ <b>Desvío Estándar:</b></li> </ul>		Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	560	46,67%	290	24,17%	<b>Adhocracia</b>	197	16,42%	278	23,17%	<b>Orientada al Mercado</b>	158	13,17%	460	38,33%	<b>Jerárquica</b>	285	23,75%	172	14,33%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																						
<b>Clan</b>	560	46,67%	290	24,17%																						
<b>Adhocracia</b>	197	16,42%	278	23,17%																						
<b>Orientada al Mercado</b>	158	13,17%	460	38,33%																						
<b>Jerárquica</b>	285	23,75%	172	14,33%																						

	<table border="1"> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> <tr> <td>6,19%</td> <td>6,01%</td> </tr> </table> <p>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></p>	Cómo Es	Cómo Debería	6,19%	6,01%
Cómo Es	Cómo Debería				
6,19%	6,01%				
7. Evaluación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los resultados reflejan la etapa de grandes cambios en la que se encuentra la organización, ya que la cultura y la estrategia no están totalmente alineadas.</li> <li>- Este proceso de cambio busca relajar ciertos valores predominantes de la cultura de clan para transformarlos en una cultura más innovadora, flexible y mayormente orientada al mercado.</li> </ul>				

Cuadro 6. Resultados Empresa "F"

EMPRESA "G"																																	
1. Industria	Servicios. Cuidado Personal																																
2. Área	Sucursales																																
3. Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principal negocio:</b> Servicio de recuperación capilar.</li> <li>○ <b>Principales Clientes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personas</li> </ul> </li> </ul>																																
4. Cultura Teórica	<p>Orientada al Mercado - Clan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Características combinadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por un lado, por tratarse de una empresa de servicios a un cliente final, debería estar muy pendiente del mercado y de lo externo.</li> <li>- Al mismo tiempo, la característica de sus orígenes como PyME familiar, su tradición y trayectoria, tienden a hacernos pensar en una cultura de clan.</li> </ul> </li> </ul>																																
5. Detalle del trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tamaño de Muestra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 gerentes de distintas sucursales</li> </ul> </li> <li>○ <b>Metodología u observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa está transitando por diversos procesos de cambios: de metodologías de trabajo, innovación de productos e incluso de estilo de liderazgo.</li> </ul> </li> </ul>																																
6. Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Tabla de Resultados:</b></li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cómo Es</th> <th>IMPACTO (%)</th> <th>Cómo Debería</th> <th>IMPACTO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Clan</b></td> <td>473</td> <td>26,28%</td> <td>576</td> <td>32,00%</td> </tr> <tr> <td><b>Adhocracia</b></td> <td>391</td> <td>21,72%</td> <td>606</td> <td>33,67%</td> </tr> <tr> <td><b>Orientada al Mercado</b></td> <td>536</td> <td>29,78%</td> <td>266</td> <td>14,78%</td> </tr> <tr> <td><b>Jerárquica</b></td> <td>400</td> <td>22,22%</td> <td>352</td> <td>19,56%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Desvío Estándar:</b></li> </ul> <table border="1"> <tr> <th>Cómo Es</th> <th>Cómo Debería</th> </tr> <tr> <td>4,52%</td> <td>6,33%</td> </tr> </table>					Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)	<b>Clan</b>	473	26,28%	576	32,00%	<b>Adhocracia</b>	391	21,72%	606	33,67%	<b>Orientada al Mercado</b>	536	29,78%	266	14,78%	<b>Jerárquica</b>	400	22,22%	352	19,56%	Cómo Es	Cómo Debería	4,52%	6,33%
	Cómo Es	IMPACTO (%)	Cómo Debería	IMPACTO (%)																													
<b>Clan</b>	473	26,28%	576	32,00%																													
<b>Adhocracia</b>	391	21,72%	606	33,67%																													
<b>Orientada al Mercado</b>	536	29,78%	266	14,78%																													
<b>Jerárquica</b>	400	22,22%	352	19,56%																													
Cómo Es	Cómo Debería																																
4,52%	6,33%																																



	<p>○ <b>Gráfico de Resultados:</b></p> 
<p>7. Evaluación de Resultados</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el “Cómo Es” vemos fuerte predominancia de la cultura ORIENTADA AL MERCADO con la de CLAN como supusimos en la cultura teórica.</li> <li>- Analizando el “Cómo Debería” se deja en evidencia la etapa de transición por la que está pasando la organización, invirtiendo las culturas de mayor predominancia y la de menor predominancia con respecto al “Como Es”. Es decir, vemos la necesidad de la organización de potenciar más la innovación y la flexibilidad resaltando la ADHOCRACIA a costas principalmente de la ORIENTACIÓN AL MERCADO.</li> <li>- Por otro lado, la cultura de CLAN es reivindicada, mientras que la JERARQUICA es desconsiderada, dejando en evidencia el proceso de actualización cultural.</li> <li>- Se podría esperar que luego de la transición, la empresa se adapte nuevamente a la orientación al mercado.</li> </ul>

Cuadro 7. Resultados Empresa “G”

## 5. CONCLUSIONES

Luego de los análisis realizados para cada empresa en el trabajo de campo, y de las conclusiones obtenidas sobre cada una de las organizaciones encuestadas, vamos a concluir tratando de establecer algunos patrones generales.

Procedemos a agrupar la muestra de empresas en dos grandes categorías:

1. Empresas vinculadas a la industria y la producción de algún tipo de bienes.
2. Empresas de servicios que proveen una solución intangible para sus clientes.

En nuestro caso, esta categorización también coincide con la de las organizaciones según el tamaño de su estructura, ya que el grupo de industrias son grandes organizaciones, mientras que el grupo de servicio tiene estructuras del tipo PyME.

A continuación, presentamos los resultados y las respectivas conclusiones:

### 1. Grupo de grandes empresa industriales (A, B, C y E):

Encontramos una tendencia a que las culturas que se consideran más deseables son la combinación de tipo Adhocracia con la de tipo Clan, disminuyendo la jerarquía, los procedimientos y la estandarización. Asumimos que dichos cambios se deben a una tendencia de la sociedad y los negocios del siglo XXI en cuanto a la incorporación del conocimiento y al avance de la tecnología. Hoy en día, las empresas buscan lograr su ventaja competitiva mediante la mayor flexibilidad, la innovación, y la tecnología, disminuyendo la rigidez de los procedimientos estandarizados, e incorporando al personal a los procesos de toma de decisiones. La Figura 3 muestra el impacto de la cultura adhocrática en este primer grupo de empresas industriales.

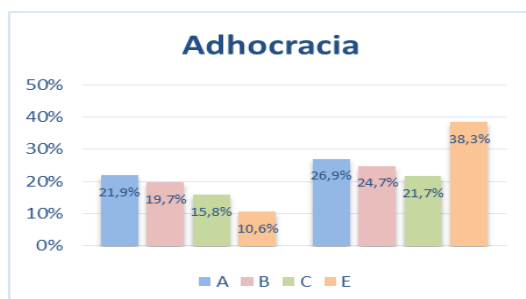


Figura 3. Porcentajes de Cultura Adhocrática (Izquierda: Cómo es – Derecha: Cómo debería)

## 2. Grupo de empresas de servicios (D, F y G):

En este grupo, observamos una tendencia a pasar de una cultura de Clan a una de tipo Adhocracia. Esto se debe a que son organizaciones que, en sus comienzos, tienden a generar una cultura familiar, sin demasiada jerarquía, de tipo paternalista; para luego, una vez asentados en el mercado, moverse hacia una cultura más acorde con su visión. Lo deseable es disminuir esta familiaridad del clan, y construir una cultura más orientada al mercado y de tipo adhocrática. La Figura 4 muestra el impacto de la cultura adhocrática en este segundo grupo de empresas de servicios.

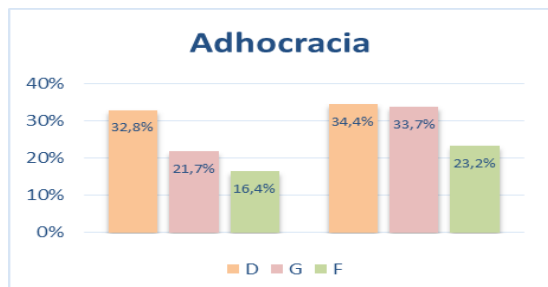


Figura 4. Porcentajes de Cultura Adhocrática (Izquierda: Cómo es – Derecha: Cómo debería)

Como conclusión general, observamos que las personas prefieren organizaciones en las que, sin perder la orientación al mercado, privilegien la flexibilidad, la innovación y el conocimiento, disminuyendo la rigidez de los procedimientos estandarizados jerárquicamente.

Finalmente, queremos destacar la importancia de la alineación de la cultura organizacional con la estrategia y con la demanda específica del sector de la empresa y cómo evidenciamos la necesidad de un trabajo de la dirección de las mismas enfocado en alinear el Cómo Es con el Cómo Debería. Esto llevaría no solo a la optimización del resultado sino también al bienestar y mejora del clima organizacional.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Franklin Fincowsky, Enrique B.; Krieger, Mario. (2011) *Comportamiento Organizacional. Enfoque para América Latina*. México. Pearson Educación
- [2] Cameron, Kim S.; Quinn, Robert E. (2006) *Diagnosing and Changing Organizational Culture. Based on the Competing Values Framework*. San Francisco. Jossey-Bass. A Wiley Imprint
- [3] Martínez Quintana, Violante; Lucas Marín, Antonio (Compiladores). (2001) *La Construcción de las Organizaciones: La Cultura de la Empresa*. Madrid. Universidad Nacional de Educación a Distancia
- [4] Rodríguez Mansilla, Darío. (2005) *Diagnóstico Organizacional*. México. Alfaomega Grupo Editor
- [5] Gore, Ernesto. (2007) *Aprendizaje y Organización*. Barcelona. Ed. Granica
- [6] Hofstede, Geert. (1999) *Culturas y organizaciones. El software mental*. Alianza Editorial
- [7] Schein, Edgar H. (2004) *Organizational Culture and Leadership*. Wiley

# La generación Z y su desempeño laboral

Brottier, Lucía\*; Manzur, Horacio; García Tello, Mónica; Gaspari Sandra<sup>(1)</sup>

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo  
Centro Universitario, 5500 Mendoza. Lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar  
(1) Fundación Universidad Nacional de Cuyo. Centro Universitario, 5500 Mendoza*

## **RESUMEN. (ARIAL 10, negrita)**

Definimos como objeto de esta investigación a la Generación Z considerando los jóvenes nacidos entre 1990 y 2000 que tienen entre 18 y 28 años. También se los puede denominar Millennials ya que son nativos digitales que empiezan a desarrollarse en el ámbito laboral al partir de este milenio. Nos planteamos dos preguntas de investigación. La primera es cómo perciben las organizaciones a esta Generación al incorporarlos como fuerza laboral y en su desempeño. La segunda es cómo se perciben a sí mismos estos jóvenes, cuáles son sus preferencias y expectativas en general y en particular con relación al trabajo. Como metodología de relevamiento de datos - además de la consulta bibliográfica - hemos realizado encuestas a 401 jóvenes en este rango etario y entrevistas a 52 responsables de Recursos Humanos de la provincia de Mendoza. También relevamos 100 páginas web de empresas relevantes para los ingenieros industriales para identificar los requerimientos que publican y los beneficios que ofrecen para atraer y mantener a estos profesionales. Las conclusiones nos evidencian que son jóvenes participativos, multitarea, que se adaptan a trabajar en red, pero fuertemente comprometidos con sus preferencias y expectativas a la hora de trabajar, con una importante expectativa por emprender en el futuro. Esto es una oportunidad para los empleadores de proponer estrategias que los ayuden a potenciar sus fortalezas y transformar sus debilidades. Queda pensar cómo afrontar los procesos de transición.

**Palabras Claves:** trabajo, jóvenes, organizaciones, competencias, emprendedor

## **ABSTRACT**

Generation Z is the object of this research, considering the young people born between 1990 and 2000 (they are between 18 and 28 years old). They can also be called Millennials since they are digital natives that are beginning their work experience at workplace since year 2000. We proposed two research questions. First question is how organizations perceive this Generation to incorporate them as a workforce and to evaluate their performance. The second question is how these young people perceive themselves, their preferences and expectations in general and related to work and workplace. As a data-gathering methodology - in addition to the bibliographic research - we have surveyed 401 young people in this age range and we have interviewed 52 Human Resources managers from Mendoza. We also review 100 relevant companies web for industrial engineers to identify the published requirements and the benefits they offer to attract and maintain these professionals. The conclusions show us that Generation Z are participatory, multitasking young people, who are able to networking, but strongly committed to their preferences and expectations, with an important expectation to undertake in the future. This is an opportunity for employers to propose strategies that help them strengthen their strengths and transform their weaknesses. It remains to think how to deal with the transition processes

## 1. INTRODUCCIÓN

Puede ser que no nos resulte cómodo encuadrar a las personas en categorías de análisis, sin embargo para poder facilitar el estudio proponemos identificar las categorías a través de generaciones. Actualmente encontramos en las organizaciones la convivencia de cinco generaciones que identificamos a continuación. Si bien las fechas no son taxativas, y depende de los autores que consultemos, se los puede encuadrar como Veteranos a los nacidos entre 1940-1950, muchos de los cuales actualmente son los dueños o fundadores de empresas o están en puestos decisorios, por lo cual tienen todavía gran influencia. Algunos representantes de esta generación son el Papa Francisco, Donald Trump o Frederick Smith (FedEx). La generación de los Baby Boomer se puede encuadrar entre 1951-1960 y que se encuentran en puestos de alta gerencia y dirección, como Vladimir Putin, Tim Cook (Apple) y William Gates (Microsoft). Sigue la Generación X (entre 1961-1975) con referentes como Jeff Bezos (Amazon) y Larry Page (Google). La Generación Y puede ser considerada con los nacidos entre 1976 y 1990 y en este caso Mark Zuckerberg es un representante indiscutible de los "Y". Nuestros alumnos - quienes están hoy en las aulas universitarias - y los jóvenes profesionales empiezan ya a ser parte de la Generación Z y hemos considerado a los jóvenes nacidos desde 1990 en adelante. La denominación Millennials se aplica en cierto modo a quienes son nativos digitales - siguiendo a Prensky y sus definiciones - y estos jóvenes empezaron a desarrollarse en el ámbito laboral al partir del 2000. Para nuestro proyecto de investigación seleccionamos a los jóvenes nacidos entre 1990 y 2000 es decir que tienen entre 18 y 28 años a los efectos de facilitar el análisis.

### 1.1. Grupos de Interés y Metodología de relevamiento

Nos planteamos dos preguntas de investigación para conocer más a esta Generación Z.

La primera pregunta es como los perciben las organizaciones al incorporarlos como fuerza laboral, qué competencias aportan y si tienen estrategias particulares para atraer, motivar y retener a los jóvenes Z.

La segunda pregunta de investigación es cómo se perciben a sí mismos estos jóvenes, cuáles son sus intereses, preferencias y expectativas, cómo prefieren estudiar y qué buscan en el trabajo profesional.

Utilizamos diferentes instrumentos de relevamiento de datos que se indican a continuación:

Para conocer qué piensan las organizaciones con respecto a los jóvenes Z que se incorporan a la fuerza laboral, preparamos y realizamos una entrevista a 51 responsables o analistas de las Áreas de Recursos Humanos de empresas de Mendoza, la mayor parte privadas (92%) y sólo algunas pertenecientes a organizaciones estatales (8%) que refieren las mismas opiniones no resultando una variable sensible si la organización es privada o pública. Les consultamos sobre las fortalezas o debilidades de esta generación para su desempeño laboral, los intereses más relevantes de estos jóvenes empleados y qué es lo que más desmotiva a esta generación en su experiencia laboral. También les consultamos sobre los programas, beneficios y prácticas de Recursos Humanos para la gestión de estos jóvenes y si difiere de otras generaciones y por otra parte cuales son las competencias más buscadas por las organizaciones en sus jóvenes profesionales.

También para conocer los requerimientos y las ofertas de las empresas se realizó un relevamiento desde las páginas web de 100 organizaciones, todas ellas privadas que están en Argentina y como criterio de selección de las mismas, contratan a ingenieros industriales. El relevamiento de las empresas argentinas también colaboró con las ofertas de las mismas a los jóvenes y con la identificación de las expectativas de competencias de estos jóvenes que evidencia en sus búsquedas y requerimientos.

Finalmente para los alumnos realizamos también una encuesta vía google doc y la distribuimos en grupos de Facebook de las Facultades de Universidad Nacional de Cuyo y a través de Whatsapp entre contactos de los alumnos para alcanzar a egresados totalizando 435 encuestas de las cuales 401 resultaron en el rango del proyecto de investigación. En la misma consultamos por sus motivaciones, tomando como referencia algunas encuestas realizadas a jóvenes por otras instituciones, sus expectativas laborales y sus preferencias de formas de aprendizaje. Para esta última consulta tuvimos en cuenta el modelo de Felder y Silverman de estilos de aprendizaje.

Como las encuestas se realizaron en el ámbito de la Facultad de ingeniería entre alumnos y egresados es mayor el porcentaje. El resto de los encuestados son de otras carreras De los jóvenes encuestados el 45% correspondió a carreras de ingenierías, 13% a disciplinas de la salud, 11% a carreras docentes, 10% a contadores o administradores de empresas, y el resto a otras diferentes formaciones como abogacía y arquitectura. Sin embargo por considerar desde este análisis que se trata de un tema generacional la intención fue aumentar la muestra de jóvenes (para lo cual se publicó la encuesta en las páginas web de otras facultades)

Por tratarse de una investigación cuanti-cualitativa si bien se indica los porcentajes de mujeres y hombres encuestados, no ha sido la intención considerar la variable sexo para la sensibilización de los resultados en esta oportunidad. El 65% de los encuestados fueron mujeres y el resto hombres, lo que refleja aproximadamente la población de la Universidad Nacional de Cuyo (Estadísticas Publicadas 2014 por la Secretaría de Políticas Públicas y Planificación indica 62%

de mujeres y 38% de hombres. Con respecto al nivel de estudios el 75% universitarios incompletos o en curso y el 25% universitarios completos de los cuales 1,7% tienen estudios de posgrado. El 46% se encuentra trabajando actualmente. De ellos el 59% en relación de dependencia, el 27% independiente y el 14% restante realiza ambas formas de trabajo.

## 2. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS SOBRE LOS JÓVENES Z

Analizamos las características de los jóvenes de esta generación desde dos perspectivas diferentes: cómo se ven a sí mismos y como los ven las áreas de Recursos Humanos de las organizaciones.

### 2.1. ¿Cómo se ven a sí mismos los jóvenes Z?

Una de las preguntas fue Qué es lo más importante en la vida. Al respecto se obtuvo la siguiente jerarquía: en primer lugar la familia con un 70%; en segundo lugar los amigos con 44%. En tercer lugar aparece el trabajo con 31% y en cuarto lugar lo económico con un 26 %. El quinto y sexto lugar se encuentran a la par con los hobbies (25%) y el deporte (32%) y los intereses religiosos se encuentran en el último lugar (el 61% de los encuestados ubicó a los intereses religiosos como lo menos importante).

Con respecto a *los intereses* propusimos cuatro opciones: Participar en política; Participar en acciones solidarias; Hacer carrera en una organización y Tener su propio emprendimiento. Cada uno de estos intereses podía valorarse como: *Me interesa mucho, me interesa bastante, participo actualmente, me interesa poco o no me interesa.*

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Participar en política no les interesa o les interesa poco al 76% de los encuestados, mientras que sólo el 16% indicó que le interesa bastante y 4,8 % participa actualmente.
- Participar en acciones solidarias les interesa mucho o bastante al 64 % mientras que realmente lo hace el 11% de los encuestados.
- Hacer carrera en una organización tiene el 73% de interesados y tener un propio emprendimiento llega al 79% mientras que un 7% de los encuestados ya tiene su propio emprendimiento.

Con respecto a *las prioridades en la vida* de estos jóvenes se propusieron seis: Tener una familia; Tener un trabajo que les guste; Acceder a una buena educación; Disfrutar de los amigos; Viajar y conocer el mundo y llevar una vida saludable. Cada una de estas prioridades podía valorarse como: *Muy importante, importante, poco importante y nada importante.* Los resultados evidencian que:

- Tener una familia es la principal prioridad para el 48% mientras que no les interesa al 24%
- La segunda prioridad más seleccionada fue tener un trabajo que les guste con el 61% y la tercera acceder a una buena educación con el 54%
- Disfrutar con amigos ocupa el cuarto lugar (27%) seguido de viajar.
- Llevar una vida saludable fue seleccionada en último lugar por el 27%

Los jóvenes consideran que los factores necesarios para conseguir trabajo son en orden de importancia la Formación el 41%, la Experiencia laboral el 30.5 % y los Contactos personales el 22%.

### 2.2. ¿Cómo ven las áreas de Recursos Humanos de las organizaciones a los jóvenes Z?

El 91% de las organizaciones entrevistadas tienen empleados jóvenes entre 18 y 28 años de edad.

En primer lugar, se listó una serie de características de esta Generación Z (Millenials) y se solicitó al Personal de Recursos Humanos que indicara si las consideraba fortalezas, debilidades o si creía que no eran propias de estos jóvenes. Estas características fueron:

Autodidactas	Respetuosos
Creativos	Buena concentración
Capaces de multitareas	Comunicación y expresión oral
Consumistas	Participativos
Capacidad de trabajar en grupo	Impacientes
Estructurados	Responsables
Cumplidores	Nivel de inglés bilingüe
Interés por la formación académica formal	Disponibilidad para viajar

Se registraron como fortalezas: las capacidades de trabajar en grupo, ser autodidactas, creativos, participativos y multitareas. También su nivel de inglés como segundo idioma, la disponibilidad

para viajar y para radicarse en otras ciudades y su interés por la formación. Como debilidades se catalogaron la falta de concentración, la impaciencia, ser poco estructurados y la comunicación y expresión oral. No se identifican como propios de esta generación el respeto, la responsabilidad y el consumismo. Una encuesta semejante realizamos a los docentes y se pudo apreciar que coincide la percepción de los docentes en gran parte con los Responsables de Recursos Humanos de las organizaciones.

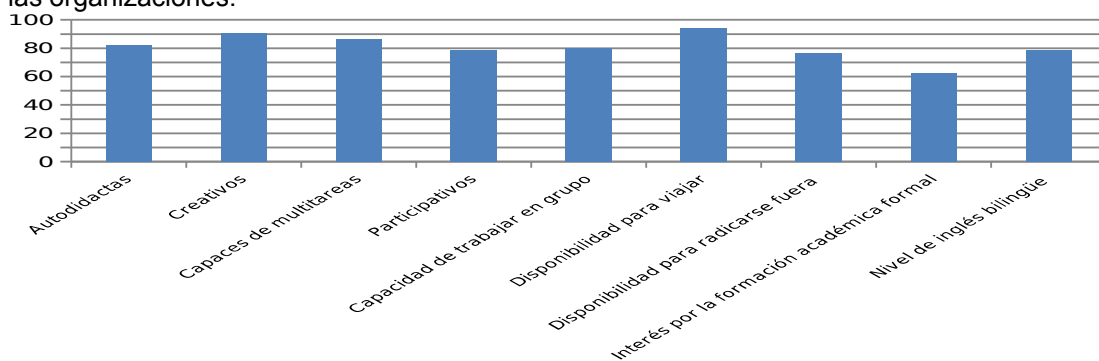


Figura 1. Fortalezas de la Generación Z  
Elaboración propia

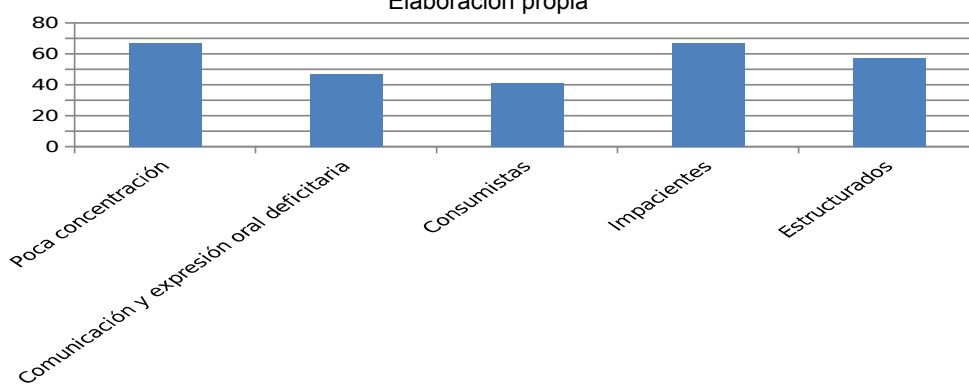


Figura 2. Debilidades de la Generación Z  
Elaboración propia

A continuación, se les pidió que se identificaran los tres factores que consideraban que más les interesaban a los jóvenes profesionales, resultando: Hacer lo que les gusta; La flexibilidad horaria y, el clima laboral y en cuarto lugar recién aparece la remuneración económica y los beneficios.

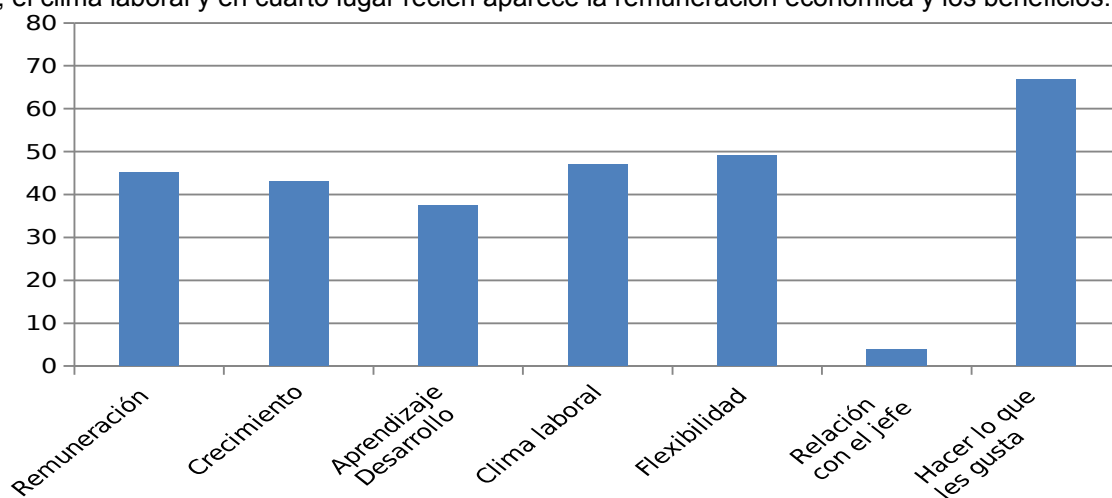


Figura 3. Factores más interesantes de la Generación Z al elegir trabajo  
Elaboración propia

Por otra parte los tres aspectos más desmotivantes resultaron: el trabajo monótono o rutinario en 80,4%, la poca flexibilidad horaria en un 62% y el mal clima laboral 47,1%

### 2.3. Los Z y su inserción laboral

Nuestros jóvenes Z tienen ideas bien definidas con respecto al trabajo profesional.

La primera pregunta sobre la jerarquía de factores que les lleva a elegir el lugar para trabajar estuvo encabezada por hacer algo que les guste y la posibilidad de desarrollo personal seguido por la remuneración y el clima laboral y los compañeros de trabajo. La flexibilidad en las tareas y la relación con los jefes fue la menos seleccionada. El 57% está dispuesto a trabajar en cualquier lugar del mundo mientras que un 28% prefiere quedarse en Mendoza.

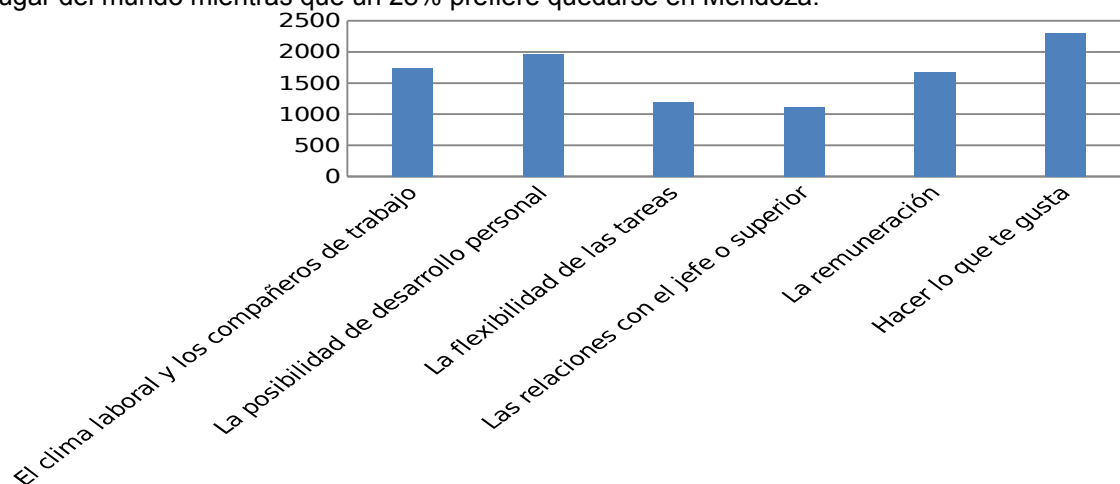


Figura 4 Ponderación de los factores de elección del lugar para trabajar  
Elaboración propia

En la apreciación sobre los beneficios más importantes que les aporta el trabajar coinciden en el mantenimiento económico y realizarse como profesional seguido de aprender y ahorrar para otros gastos dejando el contribuir a una propuesta de valor y tener amigos.

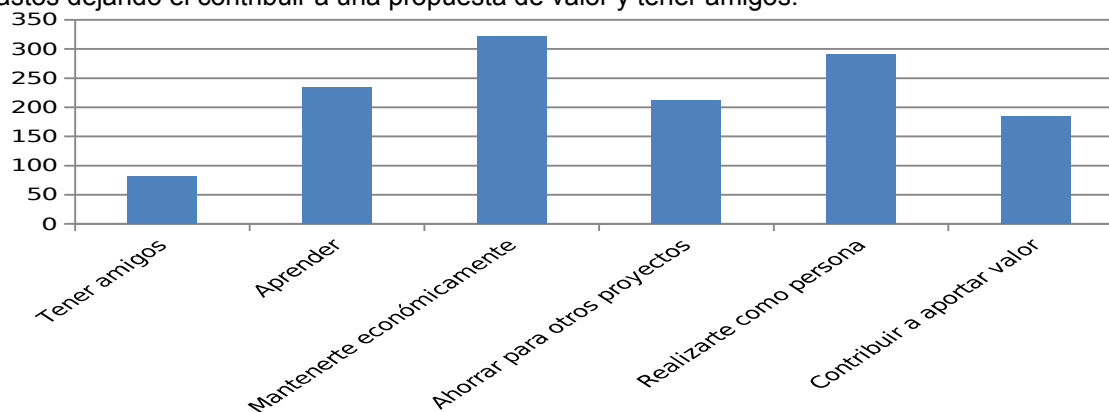


Figura 5 Ponderación de los beneficios más importantes de trabajar  
Elaboración propia

Los valores que se construyen en el lugar de trabajo son importantes considerando el buen trato como una prioridad, la confianza, la orientación y el acompañamiento y la transparencia.

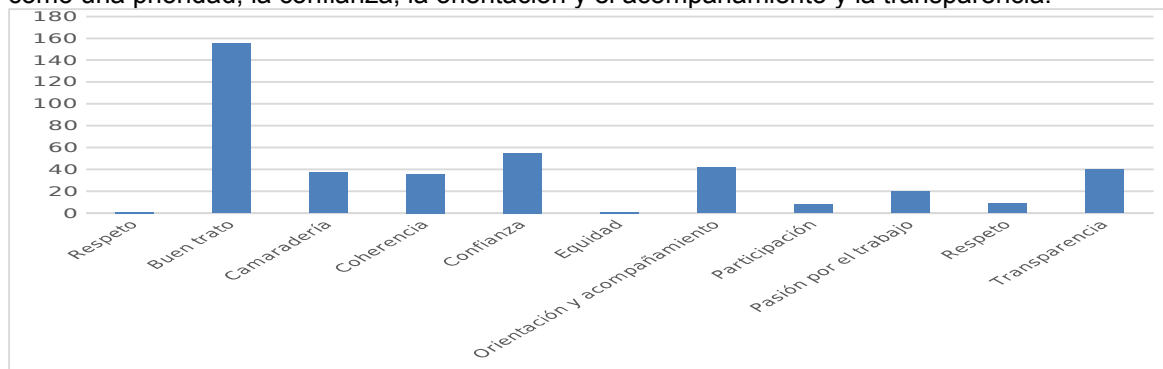


Figura 6 Valores más importantes del lugar de trabajo  
Elaboración propia

Finalmente los factores más desmotivantes son el mal clima laboral, el bajo salario y la falta de oportunidades para el desarrollo.

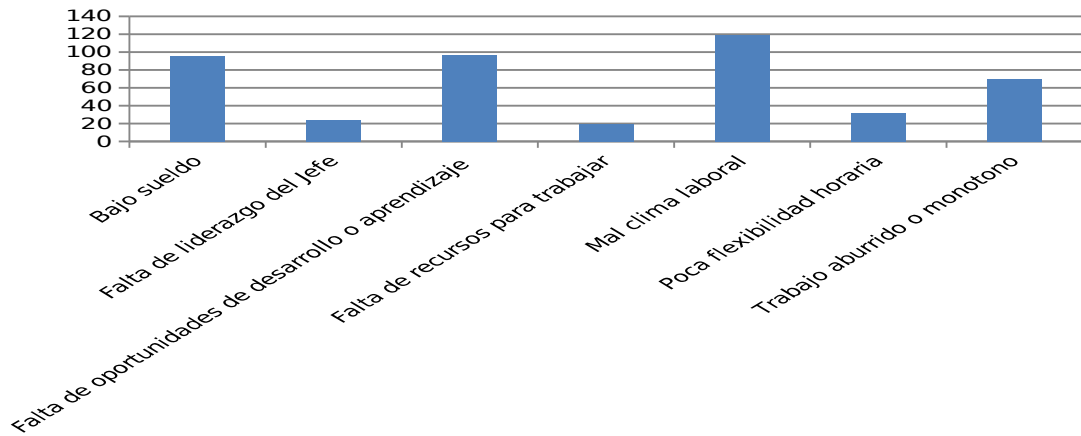


Figura 7. Factores más desmotivadores del lugar de trabajo  
Elaboración propia

Y siguiendo a las preguntas que proponen en sus encuestas la organización “El buen lugar para trabajar” identificamos que en cinco años solo el 9% se imagina en el mismo puesto, el 14% en otro puesto de la misma organización, el 41 % en otra organización y 36% en un emprendimiento propio.

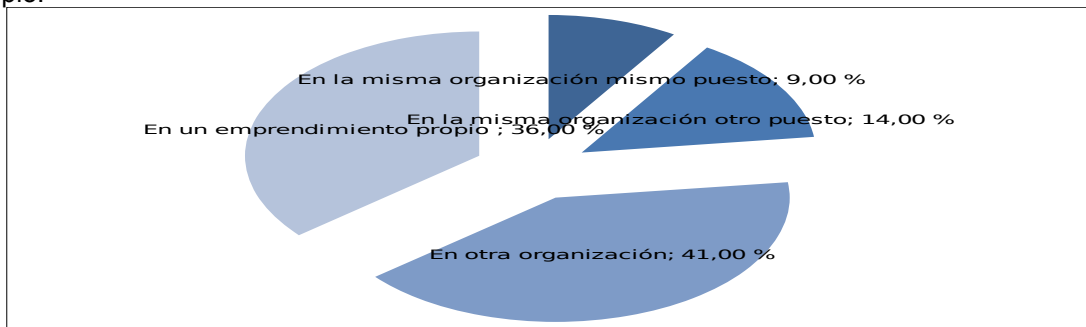


Figura 8. ¿Dónde se ven en 5 años?  
Elaboración propia

#### 2.4. Enfoque desde las Organizaciones

Las respuestas de los Responsables de Recursos Humanos permitieron relevar que el 84% tiene Programas de Pasantías y el 31.4 Programas de Jóvenes Profesionales y no cuentan prácticamente con otros tipos de programas.

El 31% está desarrollando programas para esta Generación Z, mientras que el 41% todavía no tiene programas diferenciados si bien lo percibe como una necesidad.

Al incorporarlos al trabajo, se les ofrece principalmente oportunidades de aprendizaje y desarrollo persona, remuneración y beneficios y tareas variadas.

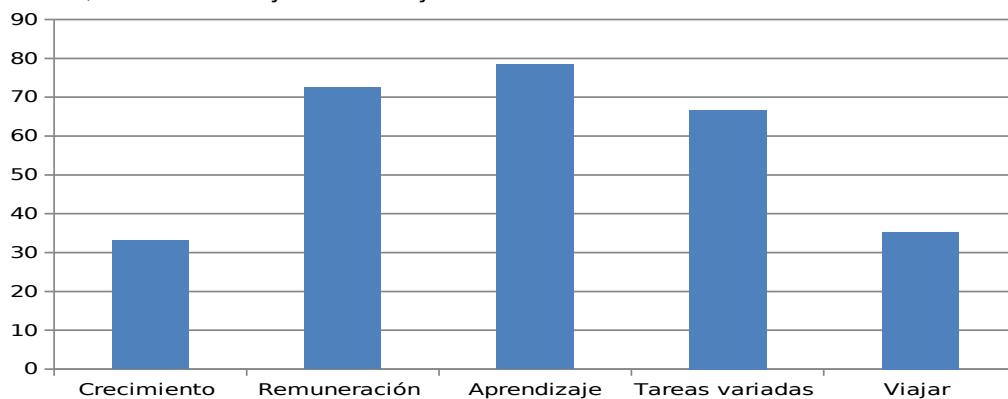


Figura 8. Principales ofertas de las organizaciones  
Elaboración propia

Con respecto a las estrategias del Área de Recursos Humanos de las Organizaciones relevamos que realizan principalmente Evaluación de desempeño, Programas de Formación y Gestión por



Objetivos. También especificaron programas para el Desarrollo de habilidades técnicas y de habilidades de liderazgo.

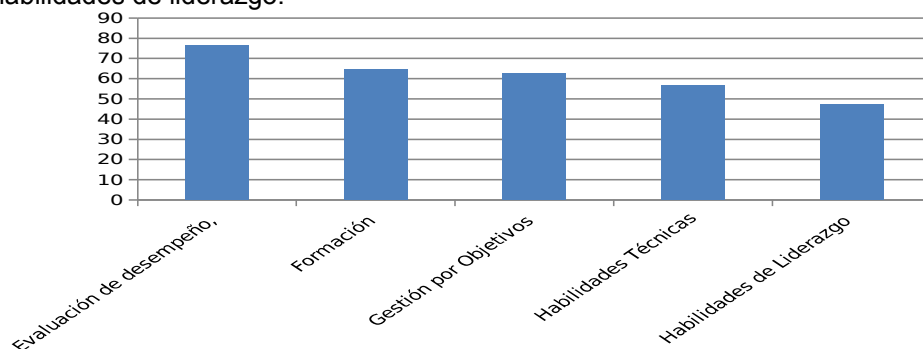


Figura 9. Principales herramientas de la gestión de RRHH  
Elaboración propia

Los principales beneficios ofrecidos por las Organizaciones a los empleados, ya independientemente de la generación a la que pertenecen son:

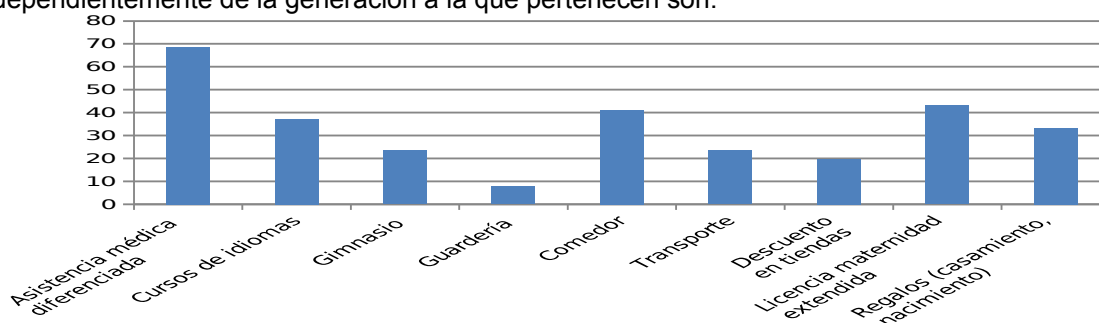


Figura10. Principales beneficios ofrecidos por las organizaciones  
Elaboración propia

Finalmente para terminar las consultamos a las organizaciones dos aspectos que nos interesan desde la universidad: las competencias más valoradas y la forma de realizar la formación.

A consultar a las organizaciones por las cinco competencias más valoradas estas fueron: inteligencia emocional, toma de decisiones, compromiso, creatividad-innovación y trabajo en equipo. Es importante que podamos verificar si realmente estamos desarrollando esas competencias en los alumnos ya que no son privativas de ninguna asignatura, sino que son transversales. Las otras competencias propuestas fueron: capacidad de resolución de problema; construcción de relaciones, motor de cambio; orientación a los resultados, flexibilidad y adaptación y automotivación. Las menos seleccionadas no son por ello menos importante sino que al parecer se encuentran más desarrolladas en los jóvenes ingresantes a la fuerza laboral.

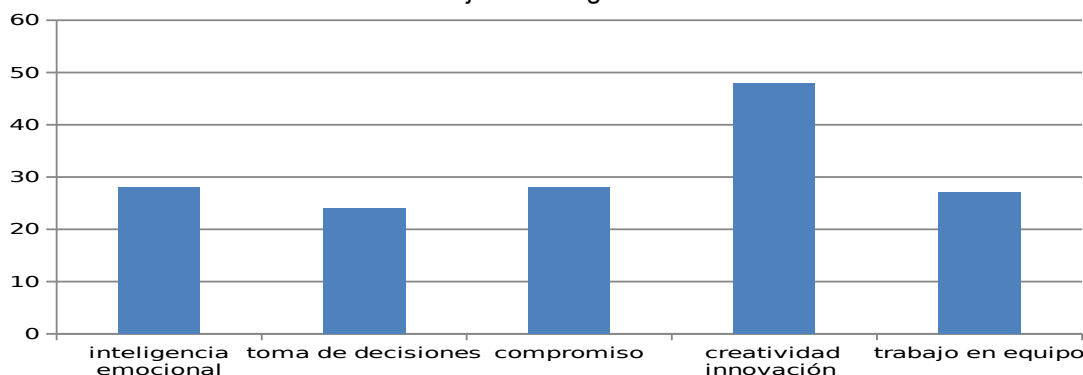


Figura11. Principales competencias valoradas en las organizaciones  
Elaboración propia

Al consultar sobre las actividades de formación para el personal como se realizan, prevalece la formación en la misma organización y se evidencia un importante uso de los cursos online.

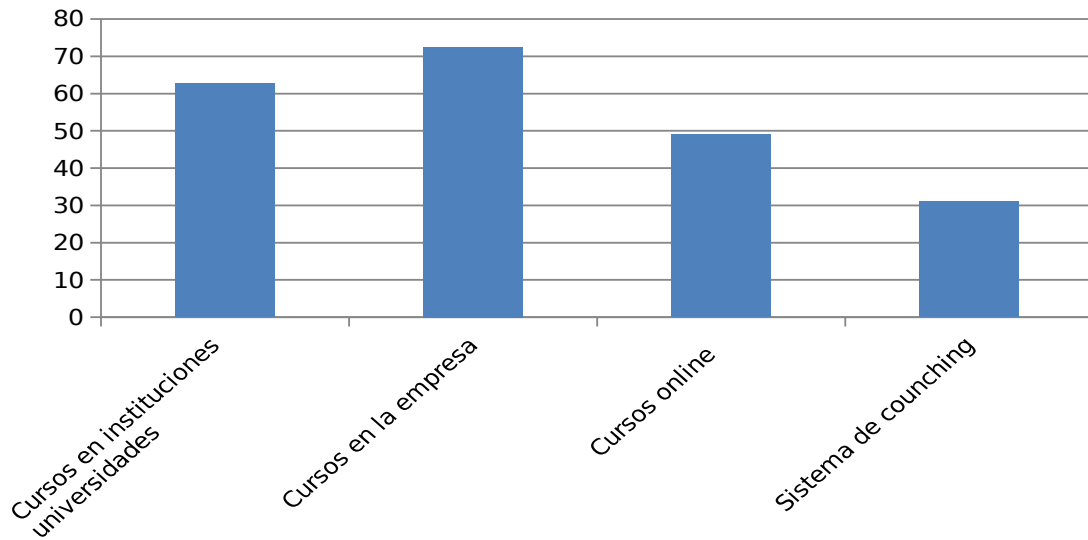


Figura12. Tipos de cursos que proponen las organizaciones  
Elaboración propia

### 3. CONCLUSIONES.

Hemos avanzado en tipificar diferentes características de la Generación Z desde ellos mismos, y desde los responsables de recursos humanos que hemos compartido en este trabajo. También sus apreciaciones sobre las expectativas y preferencias a la hora de insertarse laboralmente.

Las empresas ven a la Generación Z como un gran interrogante porque no llegan a comprender como conjugan ideales con intereses y ven con angustia su perfil porque presienten que su permanencia en la misma no está asegurada por un buen nivel de ingresos monetarios. Las empresas esperan de los GZ un nivel de compromiso institucional que estos no están dispuestos a satisfacer a costa de la frustración de sus expectativas. El máximo aporte es el hacer uso de la creatividad en la solución de problemáticas reales.

Desde los docentes se perciben fortalezas y debilidades y algunos están trabajando para adecuar sus métodos pedagógicos al desarrollo de competencias transversales.

Queda un largo camino por recorrer para avanzar en propuestas que contengan esta Generación desde la formación y lo laboral y les brinde las oportunidades de desarrollar al máximo sus fortalezas y aprender de sus debilidades.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] Accenture, 2017. La llegada de la Generación Z. <https://www.accenture.com>
- [2] Instituto Multidisciplinario de trabajo y producción (2017). "Observatorio Laboral. [www.imd.uncuyo.edu.ar](http://www.imd.uncuyo.edu.ar)

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las 51 empresas que participaron de este proyecto por brindar sus datos y opiniones abiertamente y generar el espacio de diálogo para proponer nuevas estrategias que satisfagan los intereses de los jóvenes y de las organizaciones y que brinden a la Facultad de Ingeniería la oportunidad de incorporar mejoras en sus procesos de enseñanza – aprendizaje.

También a la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo que promueve y favorece el desarrollo de estos proyectos de investigación.

# Exploración de la Inserción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Desarrollo Industrial de La Matanza

Mon, Alicia\*; Del Giorgio, Horacio René

*Universidad Nacional de La Matanza*  
*Buenos Aires, Argentina*  
[alicialmon@gmail.com](mailto:alicialmon@gmail.com); [hdelgiorgio@unlam.edu.ar](mailto:hdelgiorgio@unlam.edu.ar)

## RESUMEN

En el presente artículo se exponen los resultados parciales de un proyecto de investigación en curso, cuyo objetivo reside en analizar la conformación industrial del Partido de La Matanza y evaluar el nivel de desarrollo tecnológico que contiene, por rama de actividad.

Para ello, se presenta un análisis sobre las industrias radicadas en el distrito, diferenciado por rama, tamaño y localización a efectos de poder determinar cuáles son las actividades industriales principales del partido. Asimismo, se presenta un método de evaluación de inserción de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en la industria, que analiza los diferentes procesos productivos en forma genérica y propone un modelo de análisis a partir de la construcción de una taxonomía con los tipos de tecnologías.

La taxonomía definida propone distinguir entre productos software, equipamiento hardware e infraestructura y comunicaciones y aporta a la construcción de un índice que permita evaluar el nivel de desarrollo tecnológico según los tipos de TICs por áreas de proceso implementados en cada industria según la rama en la que se ubica.

El proyecto se propone finalmente, aplicar el índice creado en las industrias del distrito de La Matanza a efectos de determinar cuál es el nivel de desarrollo tecnológico implementado en la región.

**Palabras Claves:** Tecnologías, Desarrollo Industrial, Inserción de TICs, Procesos Productivos,

## ABSTRACT

This article shows the partial results of an ongoing research project that aims to analyze the industrial structure of La Matanza district and evaluate the level of technological development it has, classified by branch of activity.

For this, an analysis of the industries located in the district is exposed, differentiating them by branch, size and location in order to determine which are the main industrial activities. Likewise, a method for evaluating the insertion of Information and Communication Technologies (ICTs) in the industry is suggested. This method analyzes the different production processes in a generic way and proposes an analysis model based on the construction of a taxonomy with the types of technologies.

The defined taxonomy distinguishes between software products, hardware equipment and infrastructure and communications, and contributes to the construction of an index that allows the evaluation of the level of technological development according to the types of ICTs by process areas implemented in each industry according to the branch in which it belongs.

The ultimate goal of the project is to administer the index to the industries of La Matanza in order to determine the level of technological development implemented in the region.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El uso de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) impacta directamente en la estimulación de la producción industrial y ofrece un considerable potencial para el crecimiento de las diversas ramas productivas [1], dado que generan mayor valor agregado en los diferentes procesos, permitiendo mejorar los niveles de productividad y competitividad.

La implementación de TICs tiende a facilitar un reordenamiento de los procesos productivos, de logística y distribución, así como el control sobre las cadenas de comercialización, generando un mayor valor agregado sobre el producto final.

La incorporación de nuevas tecnologías en los sectores industriales requiere de un profundo conocimiento sobre la capacidad existente, es decir que, sin información relativa a las TICs instaladas y utilizadas en los diferentes procesos no es posible definir necesidades de incorporación tecnológica para generar una reconversión en las cadenas de valor.

Sin embargo, poner en acción dicho potencial depende crucialmente de la realización de profundos cambios en la estructura productiva, reorganización de los negocios, desarrollo de capital humano y las estrategias de promoción de las políticas públicas. Estas consideraciones son válidas tanto para los países en desarrollo como para los países más avanzados.

La diversa bibliografía sobre el desarrollo productivo y los desarrollos tecnológicos [2-4] no brinda con precisión una forma específica de medir los diferentes niveles de desarrollo industrial según las TICs que tiene implementadas y el impacto que generan en los niveles de productividad, así como en las estrategias de innovación requeridas por la industria.

En el presente artículo se expone un análisis de la conformación actual del partido de La Matanza (ya que es el ámbito en el que se está desarrollando la Investigación) y luego se analiza el modelo de Cadena de Valor de Porter para obtener, luego de una adaptación al mismo, una taxonomía para detectar los diversos procesos productivos. Luego de ello se intenta demostrar la importancia del uso de las TICs en la Industria y se propone una taxonomía para distinguir a las mismas que, por una cuestión de espacio, sólo se la presenta de un modo muy resumido. Finalmente, con el cruce de ambas taxonomías, se propone el desarrollo de un Índice de inserción de TICs en la Industria.

## **2. ANÁLISIS DE LA CONFORMACIÓN INDUSTRIAL DEL PARTIDO DE LA MATANZA**

El Partido de La Matanza se encuentra emplazado dentro de la Provincia de Buenos Aires en la región oeste del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), limita con la ciudad de Buenos Aires y cuenta con una población de 1.775.816 habitantes en una superficie de 325Km<sup>2</sup> según datos del Censo 2010. Tiene una subdivisión de 15 localidades, siendo la localidad de San Justo la sede de la autoridad Municipal y su principal centro administrativo, ubicándose allí también la Universidad Nacional de La Matanza.

Si bien geográfica y administrativamente es un municipio bonaerense, se lo reconoce como la 5<sup>a</sup> provincia más importante del país debido a la cantidad de población y su actividad productiva con relación al PBI nacional.

El distrito se ha caracterizado por presentar en la última década un proceso de industrialización sustancial, que ha acompañado en gran medida la evolución del sector a nivel nacional. Teniendo en cuenta que el Gran Buenos Aires representa el 60% del PBI Industrial Argentino, en este caso, la actividad industrial en el Partido de La Matanza representa el 22% del PBI Industrial Provincial [5].

De acuerdo con estas características, su actividad industrial genera gran impacto social y económico en el entramado industrial de la Provincia de Buenos Aires, convirtiéndose en un distrito estratégico para el estudio del sector productivo, sus principales actividades y el valor agregado que involucra.

La conformación industrial de La Matanza se caracteriza por registrar poco más de 4.000 establecimientos industriales de una gran diversidad de sectores que incluyen el metalúrgico, automotriz, calzado, textil, química, plástica, gráfica, entre otras. Sus formas de asociación incluyen un puñado de grandes empresas transnacionales, un gran conglomerado de PyMEs de capital nacional, cooperativas de trabajo y fábricas recuperadas.

Dentro de las industrias del partido, la principal rama es la metalúrgica, seguida en importancia por la textil. Entre estas dos ramas y la química y la del calzado, se encuentran alrededor del 73% de los establecimientos industriales de La Matanza.

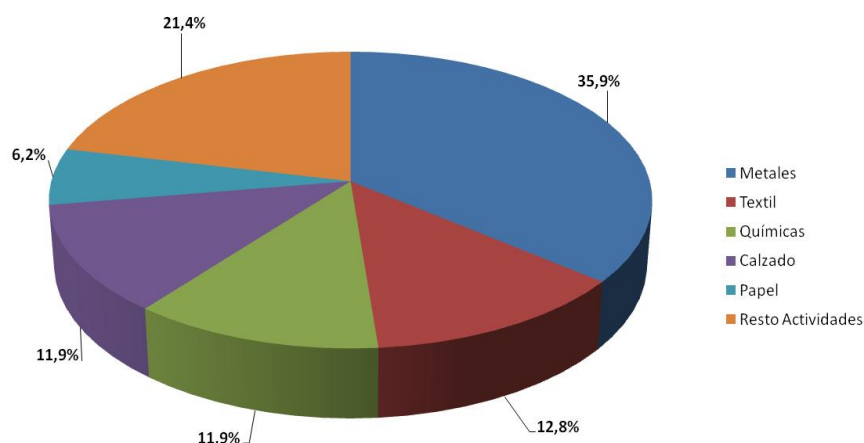


Figura 1 Distribución por ramas de las industrias en el Partido de La Matanza

Asimismo, los establecimientos industriales del partido emplean cerca de 200.000 puestos de trabajo. De esta totalidad, más del 50% tiene sus puestos de trabajos en empresas agrupadas en clusters productivos, según muestran los estudios del Observatorio Pymis de la Universidad de Bologna [6]. El resto ejerce su trabajo en empresas dispersas en el territorio del Partido. Los clusters productivos se encuentran en su mayoría ubicados en el Cordón 1 de La Matanza.

El Partido de La Matanza se subdivide en tres cordones socioeconómicos que no necesariamente coinciden con la división geográfica en municipios.

El Cordón 1 es la zona que limita con la Ciudad de Buenos Aires. Es la zona con menores índices de pobreza e indigencia y generalmente los habitantes cuentan con servicios de agua potable, cloacas y alcantarillado. Este cordón es el que tiene mayor recaudación fiscal y acceso a servicios de salud y educación. Abarca parte de los municipios de San Justo, La Tablada, Aldo Bonzi, González Catán, Lomas del Mirador, Ramos Mejía, Tapiales, Villa Insuperable.

El Cordón 2 presenta una densidad de población intermedia con cobertura casi total de agua y saneamiento, pero obtenida en períodos más recientes que en el Cordón 1. En este cordón todavía existe carencia de asfaltado en algunas zonas y un peor acceso a servicios de salud y educación. Este cordón abarca parte de San Justo, Isidro Casanova, Aldo Bonzi, Barrio Altos de LaFerrere, parte de La Tablada, Barrio El Atalaya, Barrio El Manzanar, Ciudad Evita, parte de González Catán.

El Cordón 3 es el que tiene peor acceso a agua potable y alcantarillado, así como a otros servicios. Es el cordón que presenta mayor vulnerabilidad en su población, mostrando los mayores índices de pobreza de todo el Partido.

En lo referente a la industria, cerca del 76% de los establecimientos industriales se encuentran ubicados en el primer cordón de La Matanza, dejando un 21% para el segundo cordón y sólo cerca de un 3% para el tercer cordón del Partido. En el siguiente cuadro puede observarse la distribución de una muestra de cuatro mil observaciones:

Tabla 1 Cantidad de industrias en los Cordones del Partido de La Matanza

Cordón	Cantidad	%
1° Cordón	3045	76,0%
2° Cordón	836	20,9%
3° Cordón	127	3,2%
<b>TOTAL</b>	<b>4008</b>	<b>100%</b>

El primer cordón cuenta con ventajas estratégicas para la instalación de empresas y, al mismo tiempo, con instalaciones utilizadas anteriormente y que fueron abandonadas durante las épocas

de prolongada recesión económica del país. Asimismo, la gran mayoría de las industrias localizadas en el primer cordón son PyMEs, lo cual hace que sea difícil para estas relocalizarse en otros cordones del Partido.

El desequilibrio entre cordones se explica en gran parte por las décadas de vigencia de legislaciones que exacerban esta distribución, como por ejemplo el régimen de uso de la tierra establecido en el Decreto Ley 8912/1977 y la Ley Provincial de Radicación Industrial 11.459, sancionada en el año 1996.

Cuando se realiza el análisis de cada una de las principales ramas dentro de cada cordón se pueden encontrar patrones bastante similares que observando el total del Partido, aunque con leves variaciones. Puede observarse que la industria metalúrgica tiene un peso levemente menor en el Cordón 2, mientras que en el Cordón 3 tiene una importancia mayor la industria textil. Esto se explica porque las mayores empresas de la industria metalúrgica se encuentran instaladas en los dos primeros cordones, teniendo una importancia menor en el Cordón 3.

Tabla 2 Localización de las principales ramas en los Cordones del Partido de La Matanza

Rama	Cordón 1	Cordón 2	Cordón 3	Total Cordones
Metales	35,0%	39,5%	34,6%	35,9%
Textil	12,1%	14,7%	16,5%	12,8%
Químicas	12,2%	10,8%	13,4%	11,9%
Calzado	14,0%	5,0%	5,5%	11,9%
Papel	6,5%	5,4%	3,9%	6,2%

Una clara diferencia puede notarse en la rama del calzado que muestra una mayor concentración en el Cordón 1, siendo considerablemente inferior su importancia en el resto de los cordones. Asimismo, la industria del Papel muestra una más clara localización en los dos primeros cordones. Las empresas industriales del Partido muestran ingresos disímiles de acuerdo al Cordón al que pertenezcan.

De las 10 empresas de mayores ingresos, 4 son de la rama química, 2 de la rama metalúrgica y 2 de la industria papelera. Asimismo, de estas diez empresas, siete se encuentran localizadas en el Cordón 1 de La Matanza, dos en el Cordón 3 y sólo una en el segundo cordón. Esto muestra que no sólo existe una fuerte concentración de empresas en el primer cordón, sino que también las de mayores ingresos se encuentran en dicha área donde cuentan con mayores ventajas debido a la mejor infraestructura y a la proximidad con la Ciudad de Buenos Aires.

### 1.1 Análisis por localidad

El siguiente gráfico presenta la distribución de Empresas del total de ramas por Localidad, lo cual permite inferir que existe una concentración de casi el 50% en las localidades de Lomas del Mirador y San Justo.

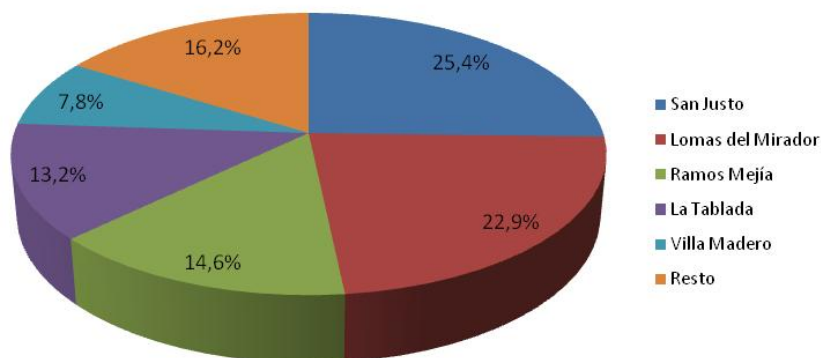


Figura 2 Empresas del total de ramas por localidad

En lo referente a las empresas de la rama metalúrgica, se observa una fuerte concentración en la localidad de San Justo con más del 29% del total, seguida por Lomas del Mirador con cerca del 21%. Es decir que el 50% del total de empresas metalúrgicas del Partido se encuentran concentradas en dos localidades.

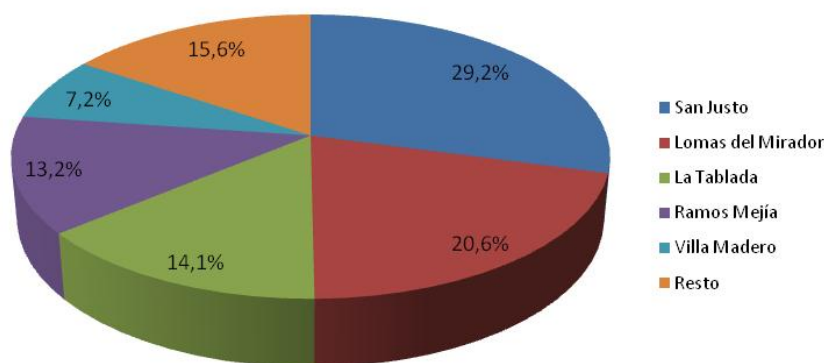


Figura 3 Distribución de empresas metalúrgicas por localidad

En el caso de las empresas industriales textiles se observa una menor concentración de la actividad en comparación con las industrias metalúrgicas. En este caso, si bien las localidades con mayor cantidad de empresas son San Justo, Ramos Mejía y Lomas del Mirador, la proporción entre estas tres es bastante similar, cercanas al 15%. Debe destacarse que las empresas con mayores ingresos se encuentran localizadas en su mayoría en San Justo, Ramos Mejía y Lomas del Mirador, exhibiendo un fuerte contraste con las de La Tablada e Isidro Casanova con ingresos notoriamente menores.

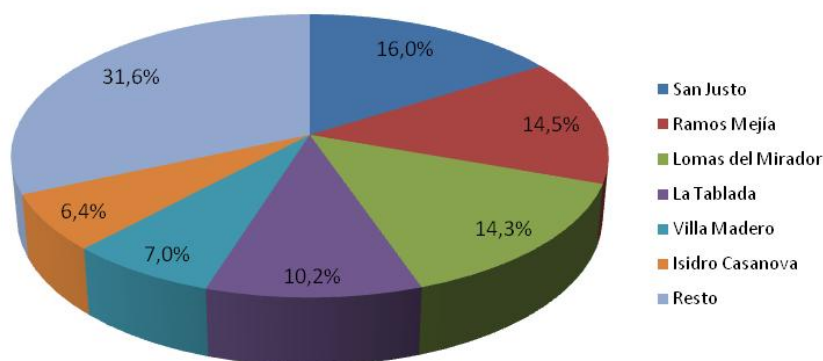


Figura 4 Distribución de empresas textiles por localidad

Para las industrias químicas de La Matanza, puede observarse una concentración en tres localidades: San Justo, Lomas del Mirador y La Tablada que representan el 54% del total de empresas del rubro en el Partido. La mayoría de las empresas de mayor facturación se encuentran localizadas en San Justo, Lomas del Mirador y Villa Madero. Por otro lado, las de menores ingresos se localizan en Villa Insuperable, Lomas del Mirador, La Tablada e Isidro Casanova.

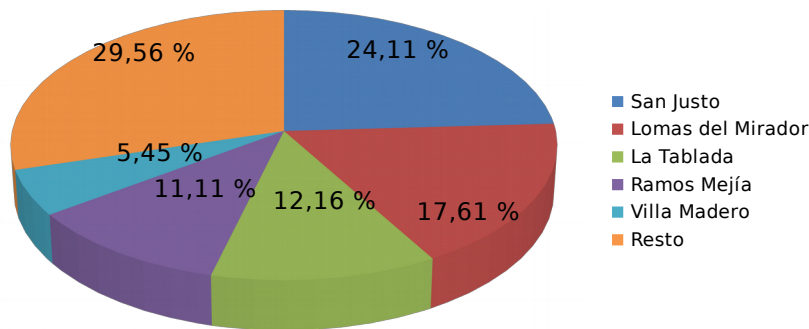


Figura 5 Distribución de empresas químicas por localidad

## 2. PROCESOS INDUSTRIALES

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del presente artículo reside en detectar ventajas competitivas en la implantación de TICs, se decidió definir en forma genérica las áreas de la empresa de acuerdo con la Cadena de Valor de Porter [7].

Este autor clásico propone la Cadena de Valor como una herramienta para facilitar la identificación de ventajas competitivas dentro de la organización. El concepto fundamental destaca que toda organización puede analizarse en virtud de la contribución de valor que genera cada una de sus actividades principales, así como el que emerge de las interrelaciones entre ellas.

Debido a que el modelo de Porter es un modelo genérico, parte de la investigación llevada a cabo consistió en realizar algunas adaptaciones para poder obtener un mayor aprovechamiento de este en las funciones que se desarrollan en las diferentes áreas industriales. Desde ya, este modelo adaptado incluye las actividades definidas en el modelo original de la cadena de valor de Porter, pero de modo de función genérica que se desarrollan en una industria, independientemente de su estructura organizacional específica.

En la siguiente figura se representan las áreas de la organización en la cadena de valor original.

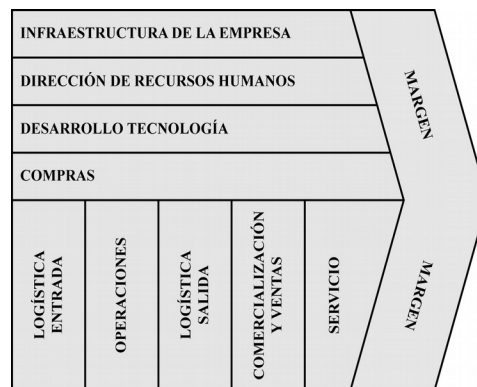


Figura 6 Cadena de Valor de Porter

El modelo propuesto por este autor permite analizar el desempeño de una empresa organizando el análisis en base a cinco actividades primarias y cuatro actividades de apoyo, siendo cada una de éstas fuente potencial de ventajas competitivas en costos o diferenciación, y cuyas interrelaciones permiten lograr un mayor valor diferencial emergente que pueda ser apreciado y reconocido por los compradores, en comparación con otras ofertas de la competencia.

Las actividades primarias involucran a aquellas comprometidas con la transformación de materias primas e insumos en un producto terminado, así como los esfuerzos llevados a cabo para su puesta en el mercado y comercialización, sin dejar de lado los eventuales servicios de posventa que puedan considerarse.

- Logística de Entrada: Recopilación de datos, recepción, almacenamiento y manipulación de materias primas, materiales e insumos.
- Operaciones: Transformación de materias primas, materiales e insumos en el producto final.
- Logística de Salida: Depósitos, procesamiento de pedidos, documentación, informes y despacho de productos terminados.



- Comercialización y Ventas: Actividades de impulsión, publicidad, fuerza de ventas y promoción, como así también de desarrollo de propuestas comerciales.
- Servicio: Asistencia técnica, mantenimiento y garantías.

Por su parte, las actividades de apoyo son aquellas que sientan las bases para que las actividades primarias puedan desarrollarse en toda su potencialidad.

- Infraestructura de la empresa: Planificación, contabilidad, finanzas, gestión de inversiones.
- Administración de RRHH: Incorporación de talentos, capacitación, motivación, compensaciones.
- Desarrollo de Tecnología: Diseño de productos y procesos, investigación de materiales, control, investigación de mercado, gestión de tecnología.
- Compras y abastecimiento: Adquisición de materiales, insumos, materias primas, espacios publicitarios y servicios de salud.

## 2.1 Áreas de Procesos propuestas

Esta clasificación de actividades mencionada en los párrafos anteriores no implica que todas las organizaciones deban cumplirla, sino que es una conceptualización que permite reordenar funciones básicas de cualquier organización. En la instanciación concreta de cada organización, esta conceptualización adopta formas particulares para cada caso, en función de prioridades, tamaño, mercado y tipo de organización interna de cada empresa.

A partir del análisis de las estructuras organizativas industriales específicamente, se ha elaborado un modelo simplificado de la cadena de valor, que define un conjunto de funciones básicas que incluyen las siguientes actividades esenciales:

- Logística: Incluye las actividades de Logística, tanto de Entrada como de Salida.
- Producción: Incluye las actividades de Operaciones.
- Ventas: En esta área se incluyen las actividades de Comercialización y Ventas, como así también las de Servicio.
- Dirección: Esta área está incluida en las actividades de soporte de Infraestructura de la Empresa y Recursos Humanos.
- Contabilidad y Finanzas: Esta área también forma parte de las actividades de soporte de Infraestructura de la Empresa.
- Ingeniería: Esta área incluye las actividades de desarrollo de Tecnología. Aquí se incluyen las funciones de diseño de producto y procesos.
- Compras: Incluye las actividades homónimas de la cadena de valor.

De acuerdo con lo expresado anteriormente, el conjunto de funciones básicas simplificado se expone en la siguiente Figura.

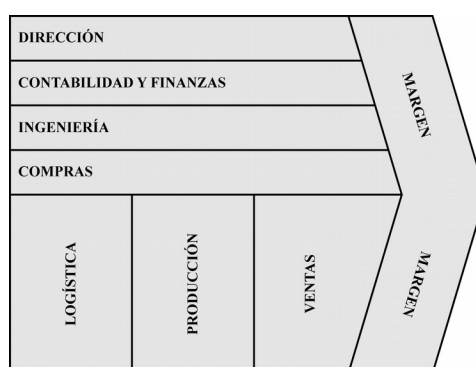


Figura 7 Modelo simplificado para la Cadena de Valor

## 3. CONTRIBUCIONES DE LAS TICS EN EL SECTOR PRODUCTIVO Y EN CADA ÁREA DE LA CADENA DE VALOR

Tal como se referencia en el Documento “Tecnologías de la Información y Comunicaciones para el Desarrollo”, del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información del Gobierno de Ecuador [8], para lograr que el uso de las TICS, la innovación y el desarrollo tecnológico en productos y servicios permita elevar la competitividad y productividad de las empresas se deberá conseguir que un número relevante de las mismas se acerque a la frontera tecnológica, adquiera

las mejores prácticas de gestión y cuenta con capital humano con alta capacidad de absorción de estas tecnologías.

Los rápidos avances de las TICs, así como la creciente evolución de la Sociedad de la Información, han revolucionado la manera tradicional de hacer negocios. Las empresas que quieran hacer frente a un entorno económico en continua evolución tienen la posibilidad de adoptar o desarrollar avances tecnológicos que pueden traducirse en ventajas significativas para las compañías, entre otras:

- Mayor calidad de los productos, lo cual implica una mayor satisfacción y fidelización de los clientes.
- Mejor imagen de empresa.
- Reducción de costos.
- Eficiencia y eficacia operativa.
- Penetración en nuevos segmentos de mercado.
- Mejoras en la exportación.

El propósito de la incorporación y/o actualización tecnológica reside en apuntar al desarrollo tecnológico de metodologías, aplicaciones, soluciones y sistemas de TICs que permitan la evolución de las empresas hacia nuevos modelos de producción más avanzados, eficientes y respetuosos con el medio ambiente, y hacia la fabricación de productos y la prestación de servicios de mayor valor agregado que les permitan acceder e incrementar su competitividad, productividad, generación de empleo de calidad y presencia en los mercados internacionales.

Resulta necesario detectar los sectores estratégicos industriales que presentan un mayor valor agregado, altos niveles de productividad, intensidad tecnológica adecuada, grado de internacionalización alto o bien que hayan sido identificados como prioritarios por la acción del gobierno.

Es evidente que no todos los sectores tienen las mismas necesidades ni prioridades internas. Las TICs se convierten en un recurso esencial para mejorar la eficiencia de la producción o la sostenibilidad, a través de diferentes medios tanto físicos (aparatos, dispositivos, sensores, equipos, entre otros) como lógicos (software de gestión, de decisión, de automatización, entre otros) incorporados a las máquinas o a los métodos de producción, que sirven para:

- Generar nuevos productos, servicios o mejora de los ya existentes
- Realizar una reingeniería de procesos de cara a la mejora de la sostenibilidad, seguridad y eficiencia energética.
- Implantar sistemas avanzados de producción.
- Adaptarse a criterios de calidad o normas nacionales o internacionales (protección del medio ambiente, regulación del empleo, fiabilidad, calidad y seguridad)

Las diferentes misiones de la incorporación de las TICs pueden resumirse en:

- Incorporación de tecnologías innovadoras a productos y procesos de producción, a escala industrial.
- Implementación de sistemas avanzados de producción, en especial los destinados a establecer colaboraciones estables a lo largo de la cadena de valor de un producto o servicio.
- Aumento de la eficiencia energética de productos a lo largo de su vida útil o del proceso de producción.
- Incremento de la eficiencia del proceso, a través de la reducción de la generación de residuos, la optimización de consumos de materias primas, material y fluidos de proceso, mejora de los niveles de rechazos y reprocesamientos.
- Reducción del impacto ambiental de productos a lo largo de su vida útil.
- Adaptación anticipada de la producción a futuras normas o criterios de calidad.

Teniendo en cuenta estos conceptos previos y las Tipificaciones de las TICs y de las Áreas de la Empresa o Procesos Industriales expuesta en el apartado anterior, se resumen las posibles ventajas del uso de las TICs en cada caso [8,9].

- **Logística:** Comunicación más rápida y económica con los proveedores, mejores herramientas para el seguimiento de materiales, reducción de tiempos de entrega, menores inventarios a través de una mayor capacidad en los sistemas de gestión de inventario. La logística empresarial, por medio de la administración y de la cadena de suministro, permite cubrir la gestión y la planificación de las actividades de los departamentos de compras, producción, transporte, almacenaje, mantenimiento y distribución. La administración de almacenes, el manejo de flotas, la generación de

- órdenes y el transporte de los artículos son algunas de las áreas en las cuales, la tecnología bien aplicada, puede marcar la diferencia
- Producción: Disminución de pérdidas de materiales, menor ciclo de fabricación por facilidades en la planificación de la producción, mayor automatización de las operaciones. En esta área, un aporte importante se puede generar en el Control de Calidad, que supone la implantación de las TICs en una empresa para la mejora de la calidad de sus productos, servicios y productividad. En general, las TICs proponen una aplicación rápida, menos costosa y no destructiva, al permitir inspeccionar y monitorear un proceso industrial midiendo variables de interés de manera rápida, con mayor confiabilidad, menor costo y sin necesidad de alterar o destruir la muestra.
  - Ventas: Mejor comprensión de las tendencias comerciales y los precios de mercado a través de un acceso más fácil a la información, aumento de las ventas a través del comercio electrónico, impacto positivo sobre la satisfacción de clientes y su fidelidad a través de aplicaciones que facilitan la relación y conocimiento de los mismos. Gracias a las TICs, el Marketing Digital (online) cambia la forma del Marketing Tradicional (offline) llevada a los nuevos medios de comunicación, y está conformado por la integración y combinación de conceptos relacionados con el desarrollo de los grupos sociales, el cambio de mentalidad en las personas, debido a los cambios tecnológicos y a las nuevas facilidades de comunicación, que ayudan a las empresas a acceder a información esencial sobre sus clientes.
  - Dirección: Uso de modelos para mejorar las capacidades de planificación de negocios, mejora de la comunicación entre los diferentes departamentos a través de una red interna (Intranet). En cuanto a Recursos Humanos, se podría facilitar el entrenamiento a través de herramientas de e-learning y/o mejores herramientas para la gestión del talento.
  - Contabilidad y Finanzas: Mejores prácticas de contabilidad y gestión financiera, automatización de ciertas registraciones contables, mayor facilidad para el análisis financiero.
  - Ingeniería: Diseño de procesos y productos más eficientes, reducción del tiempo de lanzamiento de nuevos productos y procesos, creación rápida de prototipos y fabricación. En esta Área, gracias a las TICs también se puede incorporar el concepto de Trazabilidad, que es la capacidad para reconstruir el historial de la utilización o la localización de un artículo o producto mediante una identificación registrada. El término "Trazabilidad" se puede referir al origen de las materias primas, el histórico de los procesos aplicados al producto, la distribución y la localización del mismo después de la entrega. Un proceso de Trazabilidad implica la colaboración entre los distintos agentes de la cadena de suministro. El control de las materias primas y el proceso productivo en cada una de las empresas de forma individual no es suficiente. Es necesaria la transmisión de información a lo largo de todo el circuito de aprovisionamiento. La Trazabilidad es el resultado de una acción global concertada donde las TICs se tornan imprescindibles
  - Compras: mejoras en la comunicación que redundan en una reducción del ciclo de compras y mejores precios.

#### **4. INDICADORES DE INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD**

A fin de medir el desempeño de una empresa o un área de ésta, ya sea en calidad, productividad, servicio, costos, competitividad, entre otros parámetros, se necesita contar con un instrumento que permita realizar dicha medición.

En este sentido, un Indicador es una de las posibles soluciones, ya que es la expresión del comportamiento o desempeño de una variable (que podría ser una empresa o área), cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, podrá estar señalando una desviación sobre la cual se tomarán acciones correctivas o preventivas, según el caso. Generalmente se utilizan para analizar aspectos operativos o estratégicos.

A efectos de poder medir la inserción de TICs en la industria, en la investigación en curso se ha desarrollado una taxonomía que permita identificar los diferentes tipos de tecnologías de la información y las comunicaciones que pueden implementarse en la industria manufacturera, de diferentes ramas [10]. Esta taxonomía propone sistematizar el agrupamiento de TICs en 3 categorías de productos, con el mismo nivel de jerarquía, interacción y dependencia entre sí, que corresponden a diversas áreas de desarrollo tecnológico, pero que se necesitan y se complementan en forma directa. En este sentido, la taxonomía organiza y diferencia entre productos software, equipos o hardware y comunicaciones o infraestructura.

Por otra parte, y basado en el modelo simplificado de la Cadena de Valor de Porter, analizada en apartados anteriores, se desarrolló otra taxonomía que tiene por objetivo tipificar las áreas o procesos productivos.

##### **4.1 Relación de Indicadores con las Taxonomías**

Con el objetivo de demostrar que cada uno de los tipos de TICs aporta valor según la función o el área de negocio en la que esté implementado, se ha realizado el cruce de las dos taxonomías desarrolladas (TICs y Procesos Productivos) que se expone en la siguiente Tabla Básica de doble entrada.

En esta tabla se presentan, resaltadas con cruces, las intersecciones en las que se presume algún tipo de relación posible entre producto tecnológico y función de la empresa. En tanto que en las filas se puede observar los distintos tipos de productos TICs analizados, en las columnas se exponen, las diferentes funciones de los procesos productivos de una industria tipo. Esta forma de trabajo podría derivar en distintas tablas de doble entrada, adaptadas a cada tipo de industria. La adaptación consistirá en validar si cada uno de los cruces propuestos en la tabla básica siguen aplicando a la industria bajo análisis, o si eventualmente resulta necesario realizar ajustes o modificaciones retirando alguna de las marcas en las intersecciones.

Tabla 3 *Tabla Básica de cruce entre TICs y Procesos Productivos*

PROCESOS PRODUCTIVOS →		Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas
		TICs↓						
	Tecnologías WEB - Página WEB (Sitio externo)	X						X
	Tecnologías WEB - Intranet (Sitio interno)	X	X	X	X	X	X	X
	Tecnologías WEB - Extranet (Transaccional)				X	X		X
	Tecnologías WEB - Publicidad online	X						X
	Sistemas Colaborativos - Video conferencia	X		X				X
	Sistemas Colaborativos - Telefonía IP	X	X	X	X	X	X	X
	Sistemas Colaborativos - Mensajería instantánea	X	X	X	X	X	X	X
	Sistemas Colaborativos - Email	X	X	X	X	X	X	X
	Sistemas Colaborativos - Redes sociales	X						X
	Sistemas Colaborativos - Sincronización de archivos	X	X	X		X	X	X
	Sistemas Colaborativos - Aplicaciones móviles	X	X	X	X	X	X	X
	Herramientas de Oficina - Procesador de texto	X	X	X	X	X	X	X
	Herramientas de Oficina - Hoja de cálculo	X	X	X	X	X	X	X
	Herramientas de Oficina - Presentaciones	X	X	X				X
	Herramientas de Oficina - Gestor de Base de Datos		X	X	X	X	X	X
	Herramientas de Oficina - Gestor de Agenda y Correo Electrónico	X	X	X	X	X	X	X

A partir de la Tabla anterior se asignaron valores a cada una de las intersecciones según su grado de desarrollo en cuanto al tiempo que existen como herramientas utilizadas en el mercado, si el tipo de soporte que brindan aporta información sensible a las empresas, sobre cuál es la complejidad del problema que resuelven, si su utilización impacta en una mejora de los procesos, o sobre el control de los procesos, si mejora la eficiencia en la utilización de recursos, si mejora la productividad en los procesos, si reduce costos operativos, así como si genera cierto grado de innovación en la función que se implementa o si su aplicación genera innovación en el negocio de la rama o sector industrial. Para ello, se utilizó una escala con tres posibles valoraciones, a saber: Básica (con valor 1), Media (con valor 2) y Avanzada (con valor 3), generando así la siguiente Tabla derivada de la anterior:

Tabla 4 *Tabla con valoraciones de los cruces entre TICs y Procesos Productivos*

PROCESOS PRODUCTIVOS →  TICs↓		Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas
		Tecnologías WEB - Página WEB (Sitio externo)	1					
Tecnologías WEB - Intranet (Sitio interno)	1	1	1	1	1	1	1	1
Tecnologías WEB - Extranet (Transaccional)					2	2		2
Tecnologías WEB - Publicidad online	2							2
Sistemas Colaborativos - Video conferencia	3		3					3
Sistemas Colaborativos - Telefonía IP	2	2	2	2	2	2	2	2
Sistemas Colaborativos - Mensajería instantánea	1	1	1	1	1	1	1	1
Sistemas Colaborativos - Email	1	1	1	1	1	1	1	1
Sistemas Colaborativos - Redes sociales	1							1
Sistemas Colaborativos - Sincronización de archivos	2	2	2			2	2	2
Sistemas Colaborativos - Aplicaciones móviles	2	2	2	2	2	2	2	2
Herramientas de Oficina - Procesador de texto	1	1	1	1	1	1	1	1
Herramientas de Oficina - Hoja de cálculo	1	1	1	1	1	1	1	1
Herramientas de Oficina - Presentaciones	1	1	1					1
Herramientas de Oficina - Gestor de Base de Datos		2	2	2	2	2	2	2
Herramientas de Oficina - Gestor de Agenda y Correo Electrónico	1	1	1	1	1	1	1	1

Para el relevamiento en una industria en particular se presenta una tabla similar a la Básica, pero sin las cruces, para que cada empresa indique su realidad, haciendo las cruces sólo donde registra esa tecnología implementada. Una vez cargados los datos, se obtiene el indicador a través de la sumatoria de las contribuciones de cada una de las valoraciones obtenidas en dicho relevamiento respecto del total obtenido de la Tabla con Valoraciones.

La definición de las taxonomías expuestas, tanto las derivadas de la tipificación de TICs como la de Funciones de Negocio o Procesos Industriales, han sido validadas con expertos de la industria del software, de la industria local en general y de organismos gubernamentales, a través de la realización de entrevistas en profundidad y un cuestionario estructurado.

A partir de allí se han desarrollado instrumentos metodológicos de relevamiento y análisis para validar las tipologías con la medición en la industria local. Para ello, se ha llevado a cabo una serie de entrevistas en las industrias de la zona para definir cuál es el perfil del informante clave que debiera llenar la Tabla para el Relevamiento y a la vez poder validar las taxonomías desarrolladas. Asimismo, se ha diseñado una encuesta cerrada para relevar en campo a partir del diseño de una muestra representativa sobre los 4.040 establecimientos industriales registrados en el distrito de La Matanza, que representa el mayor conglomerado industrial de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

## 5. CONCLUSIONES.

Cada actividad industrial generadora de valor contiene algún tipo o nivel de tecnología; y para ello, la incorporación de TICs tiende a facilitar un reordenamiento de los procesos productivos, de logística y distribución, así como el control sobre las cadenas de comercialización, generando un mayor valor agregado sobre el producto final. Si embargo, más allá de que aportan valor a la producción y en la competitividad, al mismo tiempo se constituyen como uno de los factores intangibles que plantean mayor dificultad en su gestión.

La incorporación de tecnologías requiere de la definición de estrategias basadas en el conocimiento de un conjunto de instrumentos que permitan la gestión de los recursos tecnológicos y la incorporación de nuevos desarrollos que agreguen valor y formen recursos, mejorando los niveles de empleo y valorización del capital.

La conformación industrial del Partido de La Matanza constituye uno de los conglomerados industriales más grandes del país, representado en diferentes ramas de actividad, en su mayoría de pequeñas y medianas empresas, con diferentes niveles de desarrollo tecnológico.

Mediante la propuesta de dos taxonomías (tipos de TICs y áreas de procesos) se han podido detectar relaciones entre algunos de los elementos de ambas y se ha podido proponer la creación de un Índice que contemple, de manera ponderada, todos los cruces propuestos, generando así la posibilidad de diseñar un Índice para la Evaluación de las TICs en las Industrias.

Es oportuno entonces destacar que resulta necesario conocer de manera sistemática el uso y apropiación de las TICs por parte del sector industrial que les permitirá definir necesidades de desarrollo, de gestión del conocimiento así como la creación de ventajas competitivas y altamente impactantes de forma positiva.

## 6. REFERENCIAS.

- [1] Ministerio de Ciencia y Tecnología (2009). Libro Blanco de la Prospectiva TIC - Proyecto 2020. Buenos Aires.
- [2] Ca' Zorzi, A. (2011). Las TIC en el desarrollo de la PyME: algunas experiencias de América Latina. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo - En colaboración con Fondo Multilateral de Inversiones/Banco Interamericano de Desarrollo.
- [3] Saavedra García, M. L.; Tapia Sánchez, B. (2013). El uso de las tecnologías de información y comunicación TIC en las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyME) industriales mexicanas. *Enl@ce*, 85-104.
- [4] Yoguel, G.; Novick, M.; Milesi, D.; Roitter, S.; Borello, J. (2004). Información y conocimiento: la difusión de las tecnologías de información y comunicación en la industria manufacturera argentina. CEPAL, 139-156.
- [5] Serra, D.; Rodríguez, S.; Novellino, H.; Boychenko, D.; Penella, C.; Incaugarat, N. (2016). Caracterización del perfil exportador de las pymes industriales del partido de La Matanza. Lomas de Zamora - Provincia de Buenos Aires: Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial - Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- [6] Universidad de Bologna (2004). Fundación Observatorio PyME. Disponible en <http://www.ba.unibo.it/investigacion/fop-presentacion>
- [7] Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: The Free Press.
- [8] Ministerio de Telecomunicaciones. (2014). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones para el Desarrollo*. Quito. Ecuador.
- [9] Kotelnikov, V. (2007). *Small and Medium Enterprises and ICT*. Bangkok: UNDPAPDIP/APCICT.
- [10] Del Giorgio, H. (2016). *Exploración de la inserción de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el desarrollo industrial*. Tesis Doctoral, defendida el 26 de Julio de 2016. Universidad Nacional de La Matanza.

# Gestión de TI/SI en Pymes: Análisis de Caso

Carrizo Blanca Rosa <sup>(1)</sup>, Abet Jorge Eduardo <sup>(2)</sup>, Colazo Carlos <sup>(3)</sup>,  
Kunda Beatriz <sup>(4)</sup>, Olivo Añeiros Federico <sup>(5)</sup>

*Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba. GICCAP. Dpto. Ing.  
Industrial. Dpto. Ing. Sistemas de Información  
bcarrizo@frc.utn.edu.ar / jabet@frc.utn.edu.ar*

## RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) desempeñan un importante papel en la economía de los países desarrollados.

Debido a las limitaciones que poseen, se enfrentan con grandes desafíos a resolver, ya sea por procesos internos poco claros e informales o por carencia de recursos para invertir en la mejora de la calidad de sus procesos.

Conscientes de la necesidad de marcar una diferencia competitiva gracias a la tecnología, realizan esfuerzos para sumergirse en el mundo TI/SI. Lamentablemente en muchos casos estos esfuerzos son acotados a un presupuesto escaso y un alto nivel de improvisación.

Contar con un área de sistemas es un privilegio que las pymes no pueden darse, por ello una alternativa a esta situación es la tercerización de los servicios tecnológicos; la cual es una buena solución para cubrir las necesidades de empresas de escasa envergadura.

Grandes empresas de tecnología ofrecen su infraestructura de servicios TI y lo ponen a disposición, de manera compartida, a sus clientes con planes a medida de acuerdo a la dimensión de la empresa.

Ofrecen planes de servicio fijos con contratos de pago mensual, anual, cada tres años o contratación de servicios a demanda pagando solo por los recursos que se utilizan.

Los beneficios de contratar servicios en la nube van desde máquinas virtuales, bases de datos, almacenamiento de información, alojamiento web, redes, seguridad, comunicación, herramientas de colaboración, bussines intelligence, big data y analytics; entre otros.

Esta propuesta se basa en un proyecto de investigación que tiene por objetivo: "Estudiar, analizar, describir y diagnosticar recursos de TI/SI en las PYMEs de la región centro", donde se seleccionó una muestra representativa de la población y en el marco de una encuesta, se inició un relevamiento de campo que pretende graficar, a priori, un escenario regional de la situación actual de las mismas a nivel informático.

**Palabras Claves:** Gestión de Pymes. Tecnologías de Información (TI) / Sistemas de Información (SI). Encuesta. Inferencias.

## ABSTRACT

The small and medium-sized enterprises (SMEs) play an important role in the economy of developed countries.

Due to the limitations that they possess, they face big challenges to solve, either because of slightly unclear internal and informal processes or of the lack of resources to invest in improving the quality of their processes.

Conscious of the need to make a competitive difference thanks to technology, the SMEs make an effort to submerge in the IT/IS world. Unfortunately, in many cases, these efforts are sparse due to a scanty budget and a high level of improvisation.

To have a systems area is a privilege that some SMEs cannot give themselves, so an alternative to this situation is the outsourcing of technological services; which provides a good solution to cater for the needs of companies of modest scale.

Major technology companies offer their IT services infrastructure, on shared basis, to their clients with customized plans in accordance to the size of the company.

They offer fixed service plans with monthly payments, annual fees, and every three-year contracts, or hiring on demand services, only paying for the resources that they use.

The benefits of hiring in the cloud services range from virtual machines, databases, information storage, web housing, networks, security, communication, collaboration tools, business intelligence, big data and analytics, among others.

This proposal is based on a research project whose objective is: "to study, analyze, describe and diagnose IT/IS resources in SMEs in the central region," where a representative sample of the population was selected and, in the frame of a survey, a field research was initiated, trying to show, a priori, a regional scene of the current situation of SMEs at the IT level.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las PYMEs desempeñan un importante rol en la economía de los países desarrollados y para ellas es esencial aprovechar las ventajas que ofrecen las Tecnologías de la Información y los Sistemas de Información (TI/SI) para volver su negocio más eficiente, sobre todo en los procesos productivos y como una forma de diferenciarse de la competencia.

Las TI/SI pueden transformar los procesos productivos, aumentando la movilidad y rapidez con que estos se realizan, disminuyendo los costos y facilitando la inserción de las mismas en la economía global.

La configuración organizativa, el estilo de gestión y la interacción con los mercados difieren notoriamente de las grandes corporaciones, y enfrentan desafíos como: infraestructura, logística, acceso a recursos humanos, financieros, educación, ciencia y tecnología.

En este contexto, las TI/SI han cobrado una importancia fundamental como instrumento de mejora de la competitividad y productividad de las economías modernas en general, y de las empresas en particular.

Actualmente, hay varios servicios disponibles en la nube factibles de implementar en la gestión operativa de las organizaciones basadas en la relación costo beneficio.

Algunos de ellos son:

- Dispositivos virtuales: Equipos con gran capacidad de procesamiento y memoria que pueden emular en su interior el funcionamiento de varios sistemas de cómputos, asignando y distribuyendo los recursos disponibles entre los distintos dispositivos emulados. La evolución de esta tecnología ha permitido reemplazar dispositivos físicos, como servidores Windows/Linux, por dispositivos virtuales. Una de las principales ventajas de los dispositivos virtuales es la capacidad de adquirir y pagar solo por los recursos necesarios y la capacidad de escalar en caso de ser necesario sin tener que reemplazar hardware.
- Bases de datos: Motores de bases de datos disponibles en línea con funcionalidades propias de un Sistema de Gestión de Bases de Datos (DBMS) y funciones adicionales como respaldo, redundancia y balanceo de carga, que permiten con una inversión mínima contar con servicios de gran calidad.
- Almacenamiento: Sistemas de almacenamiento de gran capacidad para alojar información en forma de archivos y directorios contando con alta disponibilidad y copias de respaldo de los mismos.
- Alojamiento web: Servicios de alojamiento de páginas web que ofrecen la posibilidad de escalar en capacidad y balanceo de carga, permite diferentes plataformas de desarrollo como PHP, Java, .Net, Node.js, entre otros, y compatible con diferentes sistemas de gestión de contenidos como wordpress, Drupal, Joomla, etc.
- Redes/Seguridad: Diferentes servicios que facilitan la gestión de la conectividad de la organización tales como redes privadas virtuales (vpn), servicios de dns, autenticación/autorización como Active Directory, entre otros muchos servicios.
- Comunicación: Servicios para la gestión de correos electrónicos, mensajería instantánea, llamadas de voz y videollamadas.
- Colaboración entre equipos: Herramientas de colaboración para trabajo en equipo, gestión de proyectos de desarrollo, pizarras compartidas, edición de archivos en tiempo real, presentación de diapositivas, pantalla compartida, etc.
- Big Data and Business Intelligence: Herramientas para gestionar proyectos de Big Data y BI con la capacidad de escalar a demanda.

Esta propuesta se basa en un proyecto de investigación que tiene por objetivo: “Estudiar, analizar, describir y diagnosticar recursos de TI/SI en las PYMEs de la región centro”, donde se seleccionó una muestra representativa de la población y en el marco de una encuesta, se inició un relevamiento de campo que pretende graficar un escenario regional de la situación actual de las mismas a nivel informático.

## 2. MARCO TEÓRICO

Este trabajo se basa en proyecto de investigación denominado “Diagnóstico e impacto de las TI/SI en Pymes de la Región Centro. Diseño de estrategias de mejora” (IFN 4346), aprobado por Disp. SCTy P N° 263/16 del 18/11/16., fruto de un trabajo en equipo entre dos facultades.

Es decir que, tiene una Unidad Ejecutora que es el GICAPP “Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción” del Dpto. Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Córdoba y una Unidad Coejecutora que es la Facultad Regional Villa María.

Con el objetivo de “Estudiar, analizar, describir y diagnosticar recursos de TI/SI en las PYMEs de la región centro”, se seleccionó una muestra representativa de la población y en el marco de una encuesta, se inició un relevamiento de campo que pretende graficar un escenario regional de la situación actual de las mismas a nivel informático.

Es decir que, la investigación comenzó a realizarse inicialmente con encuestas a través de un cuestionario estructurado y autoaplicado dadas las característica cuantitativas de las preguntas de investigación, además de entrevistas que permitan realizar un análisis preliminar del estado actual



de las TI/SI en las Pymes consultadas; donde la selección de los perfiles encuestados se realizó por muestreo aleatorio a fin de evitar sesgo propio de la intervención de los investigadores

Este análisis de priori surge de la necesidad de contar con elementos de juicio válidos para sustentar un proceso de capacitación, basado en la educación de las personas a cargo de PYMEs que ya tengan conformada un área de TI/SI o requieran constituirla, con la finalidad de mejorar la toma de decisiones a nivel empresarial y contribuir a su competitividad.

Objetivos específicos planteados para proyecto:

- Trazar un mapa inicial descriptivo de la situación general actual de las Pymes frente a la administración de las TI/SI.
- Evaluar el grado de inserción de las TI/SI en la gestión de las Pymes bajo análisis.
- Diagnosticar posibles problemas que afectan la informatización de estos casos bajo análisis.
- Formular estrategias de solución que permitan optimizar la gestión de las TI/SI.
- Evaluar la factibilidad técnica, económica y operativa de implementar soluciones ya formuladas.
- Diseñar modelos metodológicos basados en técnicas que reúnan las mejores prácticas para cada perfil de Pyme.
- Transferir herramientas, metodologías y estrategias estudiadas, evaluadas y/o diseñadas tanto al Sector PYME como al seno de las cátedras involucradas
- Difundir los resultados y conclusiones obtenidos al ámbito científico y académico mediante su presentación y publicación en Congresos.
- Formar recursos humanos mediante el sistema de becas de alumnos y graduados así como a través de la dirección de trabajos de Práctica Supervisada y Tesis de carreras de grado.
- Diseñar un instrumento operativo para monitorear las actividades de las Pymes en la región Córdoba, desde el seno de la Universidad.

Si bien este último objetivo es muy ambicioso, se está analizando la forma de iniciar su proceso desarrollo para el mediano plazo.

A corto plazo, continuamos el proceso de concientización en el uso de TI/SI responsables con los alumnos de las cátedras involucradas:

- “Informática I” de Ing. Industrial y “Fundamentos de Informática” de Ing. Mecánica de Facultad Regional Córdoba y
- “Estadística” de la Facultad Regional Villa María.

A nivel transferencia, se participa a través de la Secretaría de Extensión Universitaria, del centro de innovación y emprendimientos tecnológicos ANDÉN, que es una incubadora de empresas que está diseñada para acelerar el crecimiento y asegurar el éxito de proyectos emprendedores, a través de una amplia gama de recursos y servicios.

También se participa de asesorías a PYMEs por el proyecto Nodos.

### 3. CASO DE ANÁLISIS: RESULTADOS A PRIORI

En línea con el objetivo principal ya planteado y operativizando los objetivos específicos, se diseñó un cuestionario estructurado orientado a directivos de TI/SI localizadas en Córdoba y responden a perfiles metalmeccánico, alimenticias y de servicios.

La investigación comenzó a realizarse inicialmente con encuestas y entrevistas que permitan realizar un análisis preliminar del estado actual de las TI/SI en las Pymes consultadas.

Posteriormente se contará con datos proveniente de fuentes primarias y secundarias que serán recolectadas y evaluadas con métodos cualitativos y cuantitativos.

Algunos resultados obtenidos, a priori, se representan gráficamente a continuación:

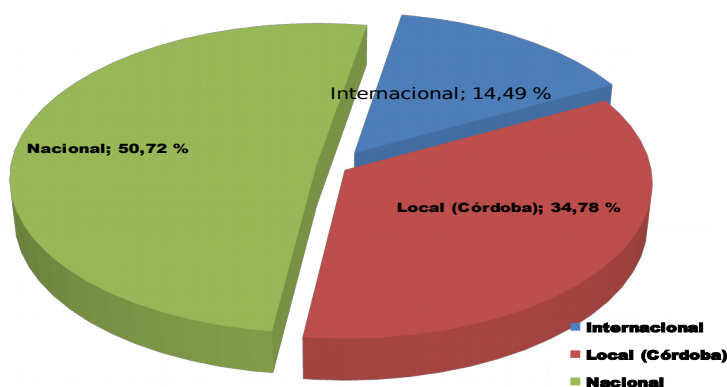


Figura 1: ¿Cuál es el mercado que comprende?

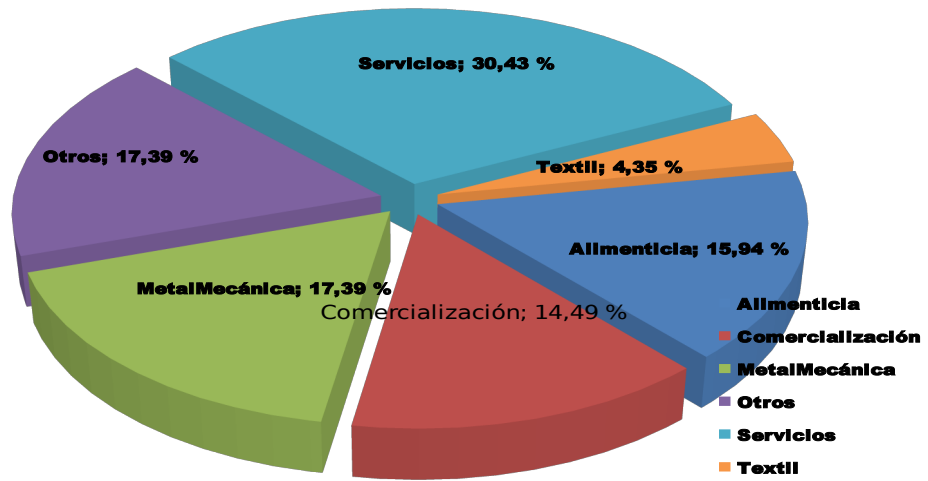


Figura 2: ¿A qué rubro pertenece la Empresa?

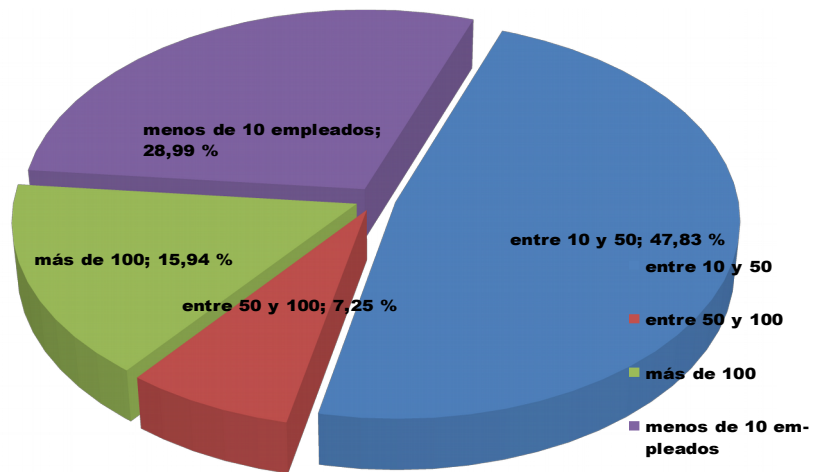


Figura 3: ¿Qué cantidad de empleados aproximadamente tiene en total la empresa?

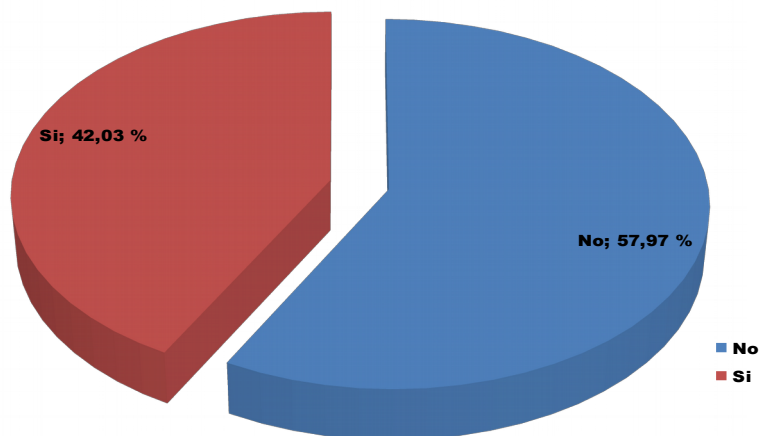


Figura 4: ¿Existe un área de TI/SI a nivel formal?

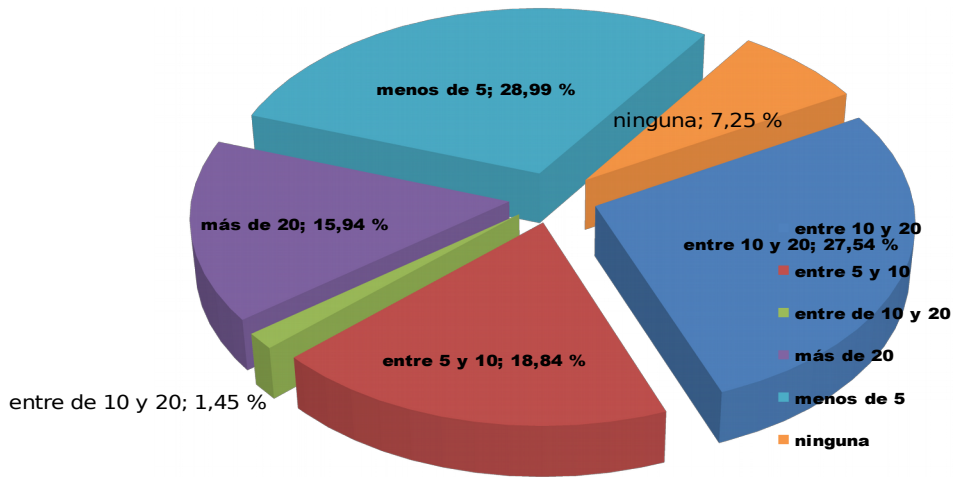


Figura 5: Cantidad de computadoras de escritorio

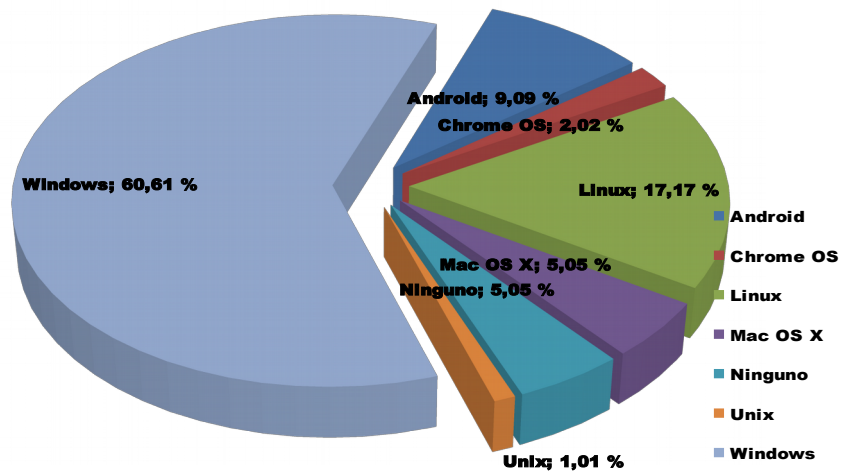


Figura 6: Software de Base: Sistema Operativo

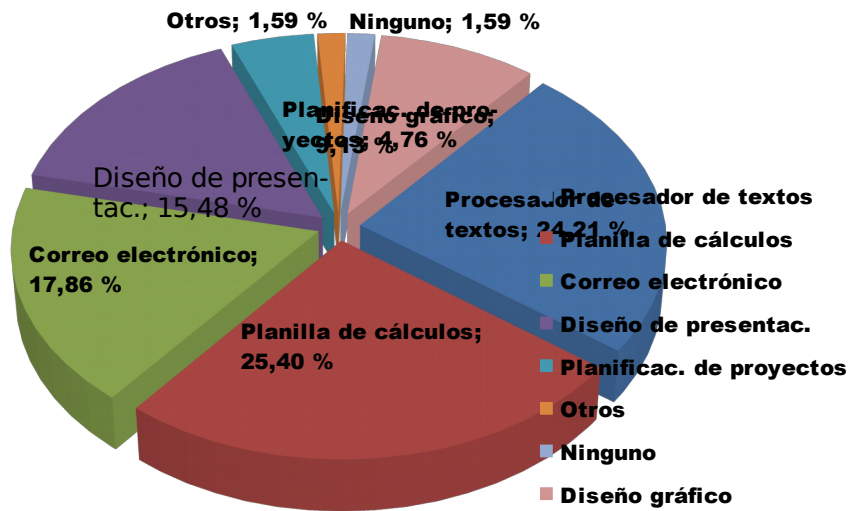


Figura 7: Software de Oficina o Utilitarios

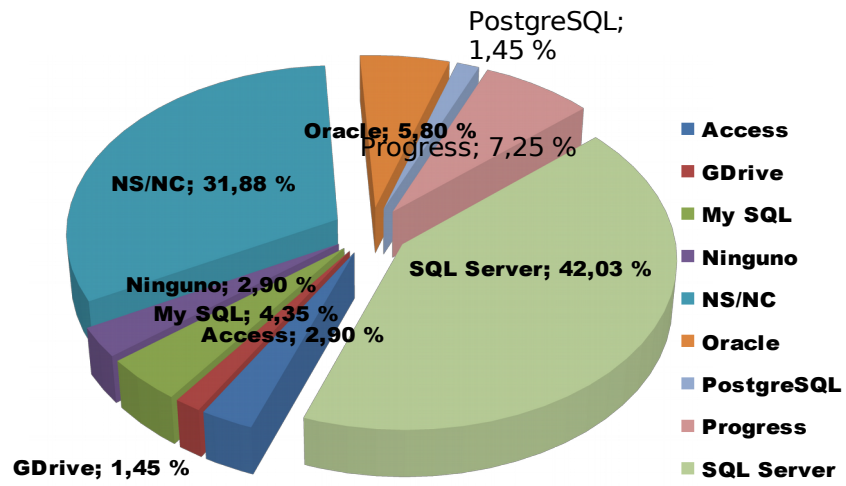


Figura 8: Motor de Base de Datos

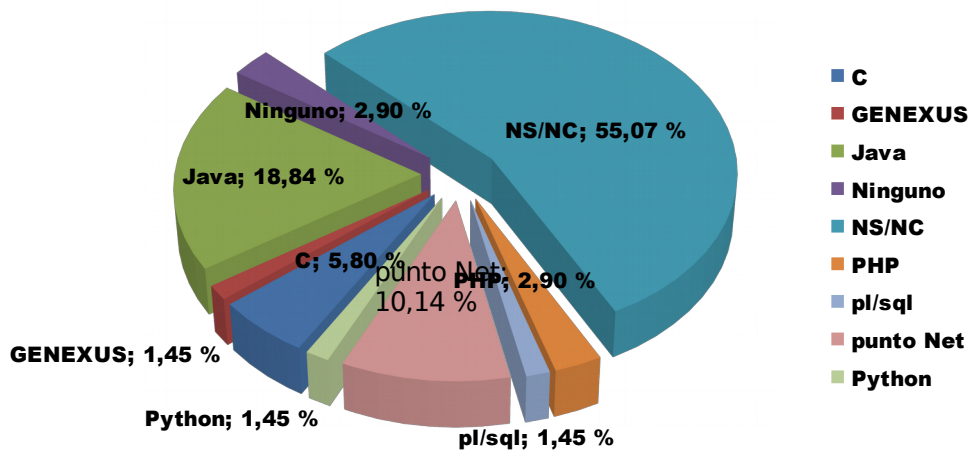


Figura 9: Lenguaje de Programación

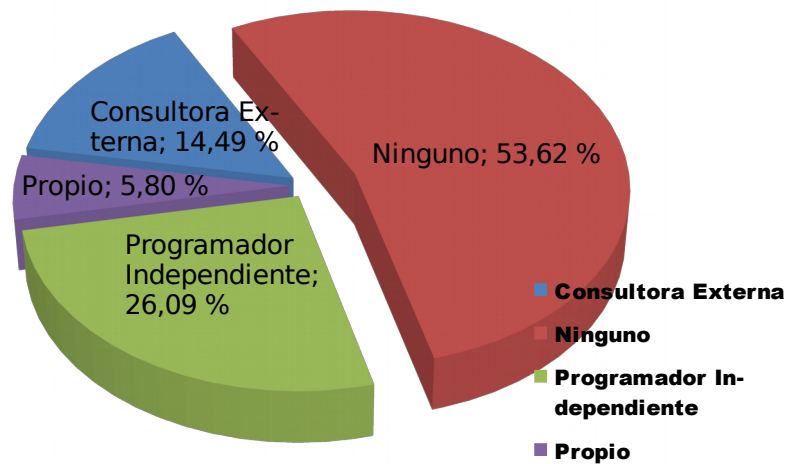


Figura 10: Software de Aplicación: Desarrollado a medida

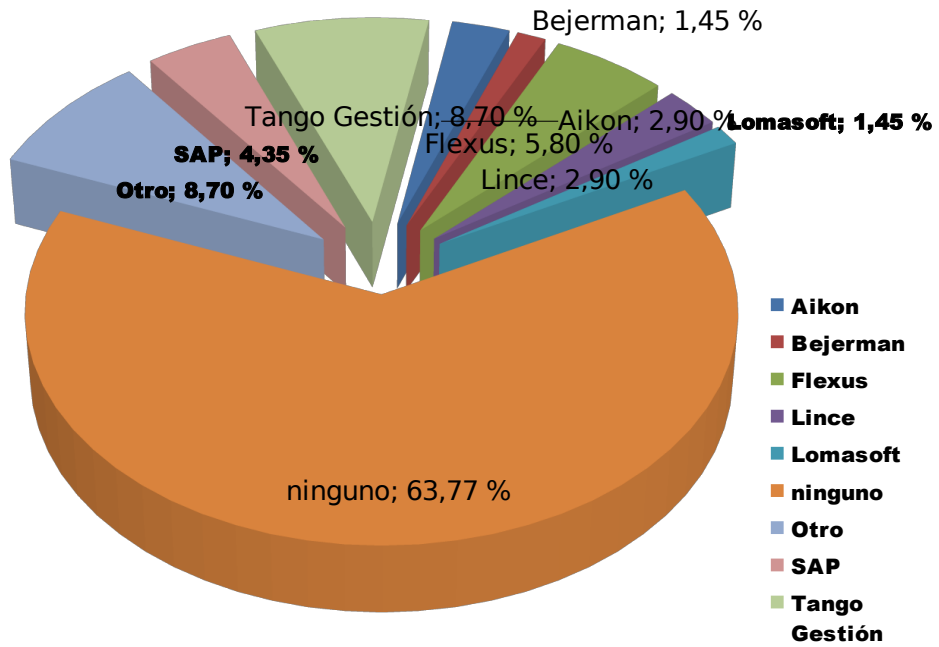


Figura 11: Software de Aplicación: De Uso General

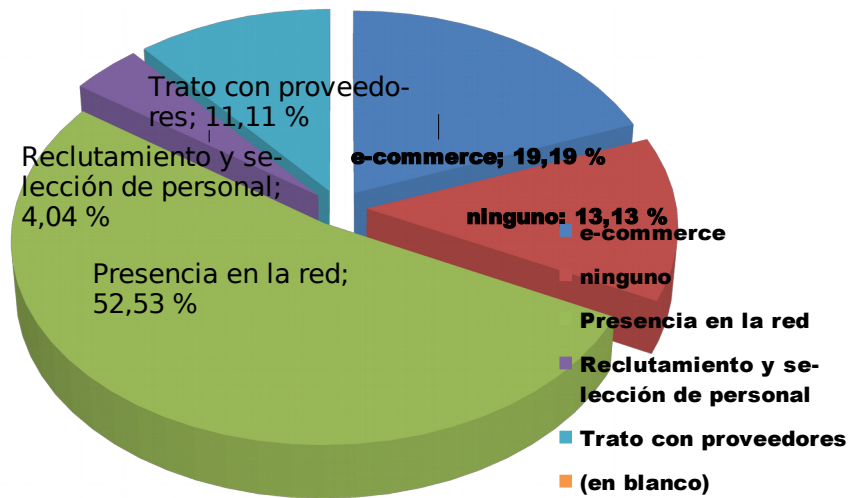


Figura 12: Uso de la Web

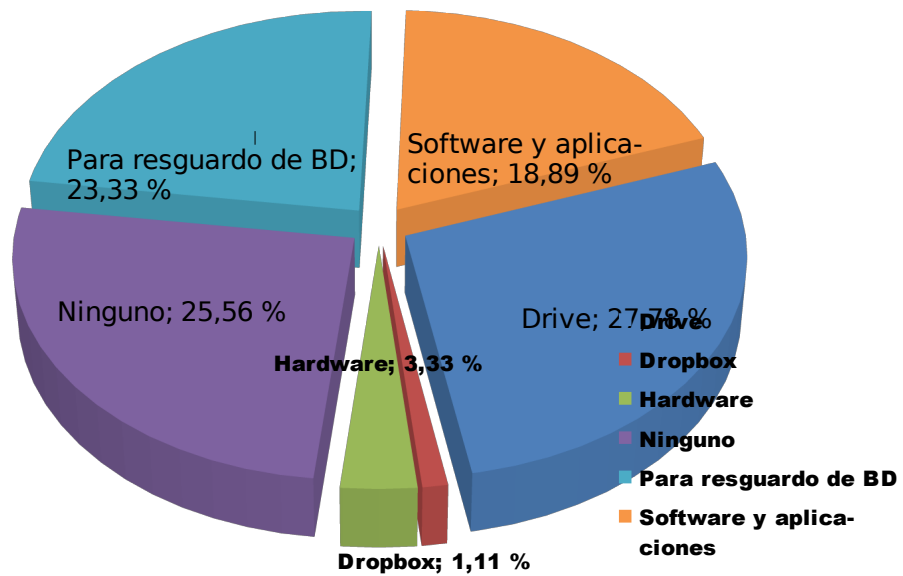


Figura 13: Servicios en la Nube

### Resultados a priori:

Al día de la fecha y como fotografía de un momento, dado que este estudio sigue enriqueciéndose con otras muestras tomadas de muestras testigo, pueden detallarse por segmento de análisis los siguientes resultados:

**Figura 1:** Mercado: Nacional 51% / Local 35%.

**Figura 2:** Rubro Pyme: Servicios 31% / Metalmecánica 17% / Alimenticia 16%.

**Figura 3:** Cantidad de Empleados: Entre 10 y 50 empleados 48% / Menos de 10 empleados 29%.

**Figura 4:** Existencia de Área de TI/SI a nivel formal: No 58% / Si 42%.

**Figura 5:** Cantidad de computadoras de escritorio: menos de cinco 29% / entre diez y veinte 28%

**Figura 6:** Software de Base: Sistema Operativo: Windows 61% / Linux 17%.

**Figura 7:** Software de Oficina o Utilitarios: Planilla de Cálculo 25% / Procesador de Textos 24%.

**Figura 8:** Motor de Base de Datos: SQL Server 42% / No sabe 32%.

**Figura 9:** Lenguaje de Programación: No sabe 55% / Java 19% / Punto Net 10%.

**Figura 10:** Software de Aplicación: Desarrollado a medida: Ninguno 54% / Programador Independiente 26%.

**Figura 11:** Software de Aplicación: De Uso General: Ninguno 64% / Tango Gestión 9% / Otros 9%.

**Figura 12:** Uso de la Web por Empresas: Presencia en la red 53% / e-commerce 19% / Ninguno 13% / Trato Proveedores 11%.

**Figura 13:** Servicios en la Nube: google drive 28% / Ninguno 26% / Resguardo de Base de Datos 23%.

Resumiendo, se analizaron setenta Pymes testigo de nivel nacional, local e internacional, donde el área nacional y la segmentación orientada a servicios fue prioritaria; donde nivel recursos humanos, la cantidad de empleados oscila entre 10 y 50 empleados.

Se verifica que las Pymes no tienen una estructura orgánica – funcional a nivel formal, en un alto porcentaje, pero se empiezan a desarrollarse las mismas con personal propio; donde la presencia de computadoras por escritorio a nivel general es del 29%.

A nivel Software, y segmentado en Software de Base, cuyo principal representante es el Sistema Operativo, las Pymes testigo eligen Windows en sus distintas versiones en un 61%, luego Linux; mientras que a nivel Software de Aplicación, los desarrollos a medida no se concretan en el Área TI/SI en un 54% mientras que los programadores independientes ascienden al 26% (free lance).

Dentro del Software de Uso General un alto porcentaje no tiene contratado o comprado ninguno (64%); mientras que Tango Gestión surge como una solución concreta en el 9%.

A nivel uso de Software de Oficina o Utilitarios lidera Planilla de Cálculo con un 25% y luego el Procesador de Textos 24%, posteriormente el uso de correo electrónico y diseñador de presentaciones.

En lo referido a desarrollo de software, independientemente de si se trata de desarrollo a medida, contratación o compra, sorprende que a nivel lenguajes de programación desconocen en un 55% de qué se trata, luego dicen desarrollar en Java 19% y Punto Net 10%; interactuando con motores de Base de Datos SQL Server en un 42% y no sabe / no contesta en un 32%.

A nivel uso de la Web sea estática o dinámica, en su mayoría lo utilizan a nivel presencia en la red 53%, luego e-commerce 19%, ninguno 13% y trato con Proveedores 11%.

Finalmente, a nivel servicios en la Nube, las Pymes testigo utilizan google drive en un 28%, ninguno en el 26% y para resguardo de Base de Datos en un 23%; destacando el tema Seguridad de la Información como el talón de Aquiles de este servicio.

## 4. CONCLUSIÓN

La primera impresión a la que se puede arribar es que la mayoría de las PYMEs no cuentan con un conocimiento del valor del uso de las TI/SI tanto en lo comercial como en lo organizacional.

Se infiere que la mayoría de ellas utiliza estas herramientas en procesos primarios, enfocado a equipos locales con integración en red y con buena apertura a utilizar la nube.

No obstante, se observa buena predisposición a la oportunidad de incorporar nuevas tecnologías en sus procesos negocios como estrategia de competitividad y diferenciación.

Con un rápido vistazo a los indicadores básicos, podemos constatar que la infraestructura informática y de telecomunicaciones se encuentra presente en la mayoría de las pymes.

En realidad, son pocas las empresas que no cuentan con un ordenador, que no tienen conexión a Internet o que no usan los servicios de telefonía fija o móvil. Dando un paso más, podemos también afirmar que la gran mayoría de las empresas ha adoptado aplicaciones informáticas básicas, como la ofimática o la facturación.

La tendencia futura es migrar a modelos en la nube, no solo por una cuestión de costos y flexibilidad, sino también por requerimientos de modelos de movilidad que hoy exige el mercado global.

El escenario de las PYMEs es un mercado incipiente donde hay mucho por crecer y si bien se reconoce que ese es el camino, se sacrifica hoy la innovación por un problema de costos.

En este contexto, las PYMEs evitan el uso de la tecnología en la modalidad in-house y apuestan por servicios en la nube, que les permitan contar con una solución llave en mano que no requiera realizar grandes desembolsos de dinero.

La tendencia no es sólo llevar infraestructura a la nube - servidores, capacidad de cómputo y almacenamiento, entre otros - sino adoptar esta tecnología y los modelos “como servicio” para diferentes tipos de aplicaciones, especialmente aquellas que no sean parte de los procesos core del negocio.

Es decir, la tendencia es delegar la gestión de la infraestructura de hardware y software a proveedores de servicios.

En este contexto, la nube híbrida se configura como una alternativa que permite a las PYMEs alcanzar los beneficios que brinda la misma, evitando preocupaciones referidas a saber dónde está alojada la información relevante para el negocio.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Lorenzo, C. A., Elissondo, L., & Errandosoro, F. (2010). *Uso de TIC en empresas PyMEs de la Cámara Empresaria de la ciudad de Tandil*. *Técnica administrativa*, 9(41), 1.
- [2] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva – Argentina. (2009). *Boletín estadístico tecnológico N° 2 enero/marzo 2009* - ISSN 1852-3110.
- [3] Molina A., Buffone F. y Molinari V. (2014). *Situación de las PYMEs argentinas frente a las tendencias en las TICS*. *Revista Argentina de Ingeniería*. Año 3. Volumen III.
- [4] Peirano, F., & Suárez, D. (2004). *Estrategias empresariales de uso y aprovechamiento de las TICs por parte de las PyMEs de Argentina en 2004*. In Ponencia presentada en el 33 JAIIO, Simposio sobre la Sociedad de la Información.
- [5] Pérez Pérez Manuela, Martínez Sánchez Ángel, De Luis Carnicer Pilar, Vela Jiménez, Ma. José. (2002). *“Las Tic En Las Pymes: Estudio de Resultados Y Factores de Adopción”*. Dpto. Economía y Dirección de Empresas. Universidad de Zaragoza.
- [6] Scarabino, J. C., & Colonnello, M. B. (2009). *Innovación empresarial en Argentina. Difusión de TICs en las PyMEs*. *Invenio: Revista de investigación académica*, (22), 93-108.
- [7] Trujillo, M. L. (2007). *Planeación estratégica de tecnologías informáticas y sistemas de información*. Universidad de Caldas.
- [8] M. Alejandro, Buffone F. & Molinaro V. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca. (2014). *Situación de las PYMES argentinas frente a las tendencias en las TICS*
- [9] Cuestionario TI/SI Pymes. Link: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0VGG3KSMcgxc27ZWe4ueVX1yY9BMtOuJJ-tMTuFM20kNUWg/viewform>



# Una aproximación a la metodología CIM (Manufactura Integrada por Computadora) y la necesidad de la articulación entre tecnología y cambio cultural de la organización en PyMEs Argentinas

**Autores: German Gainle<sup>1</sup>, Federico Walas Mateo<sup>2</sup>**

*1, 2 Universidad Nacional Arturo Jauretche – Instituto de Ingeniería y Agronomía, Ingeniería Industrial Av. Calchaquí 6200 - Florencio Varela (CP1888) Buenos Aires – Argentina*

## RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta metodológica para la implementación de cambios organizacionales en empresas PyMEs locales, con el objetivo de mejorar su operatividad, eficiencia y prestación, de modo de poder garantizar su competencia en el rubro que se desempeña, con la mayor sustentabilidad posible, siempre con el objetivo puesto en la satisfacción del cliente. Muchas herramientas se han dado a conocer, como elementos que pueden mejorar determinados aspectos, pero lo esencial para estas organizaciones es encontrar la manera de ordenar en forma lógica y secuencial, herramientas y actividades, que generen una operación integral y con una mirada holística. Esto significa vincular a toda la empresa y articular con proveedores y clientes, de modo de que la Cadena de Suministro sea un sólo Proceso y el concepto Cliente-Proveedor, rija en cada eslabón de la misma. Partimos de la premisa, que la empresa ya ha decidido/definido la necesidad de un cambio, ya sea para abrirse a nuevos mercados o para no perder participación en el que opera. Para esto, es necesario que haya elaborado o cuente con una Política y trazado una Visión para su empresa, de manera que cualquier cambio que ocurra en ella, esté alineado a estos principios. En definitiva, el objetivo de este trabajo es poner a disposición a aquellas organizaciones que así lo decidan, un método que permita implementar el método CIM (Computer Integrated Manufacturing /Manufactura Integrada por Computadora), pero con un diseño de organización, adaptado a las PyMEs con las características locales. Por ultimo debe observarse que este documento explora la piedra angular que debe abordar una PyME en el transito hacia la digitalización y automatización de los procesos que se imponen a través de CIM y que hoy emergen bajo el concepto de Producción 4.0.

**Palabras Clave:** CIM, ERP, Mejora de Procesos, Gestión de la Cadena de Suministro, Producción 4.0

## ABSTRACT

This paper presents a methodological proposal for the implementation of organizational changes in local SME companies, with the aim of improving their operability, efficiency and performance, in order to guarantee their competence in the area they work with, with the greatest possible sustainability, always with the aim put in the satisfaction of the client. Many tools have been made known, as elements that can improve certain aspects, but the essential thing for these organizations is to find the way to order in a logical and sequential way, tools and activities, that generate an integral operation and with a holistic view. This is about linking the whole company and articulate with suppliers and customers, so that the Supply Chain is a single Process and the Customer-Supplier concept, governs in each link of the same. We start from the premise that the company has already decided / defined the need for a change, either to open up to new markets or not to lose the participation in which it operates. For this, it is necessary that you have developed or have a Policy and a Vision for your company, so that any change that occurs in it, is aligned with these principles. In short, the objective of this work is to make available to those organizations that so decide, a method that allows to implement the CIM (Computer Integrated Manufacturing) method, but with an organizational design, adapted to SMEs. with local characteristics. Finally, it should be noted that this document explores the cornerstone that must be addressed by a SME in the transit towards the digitalization and automation of the processes that are imposed through CIM and that now emerge under the concept of Production 4.0.



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Marco Conceptual sobre el que se desarrolla el trabajo

Inspirado en el TPS (Sistema de Producción de Toyota), este trabajo pretende aportar la manera de hacer que una organización con las características de una PyME, logre implementar en su seno, esta modalidad operativa, adaptándola a su circunstancia e idiosincrasia incorporando además sistemas informáticos como un ERP (Enterprise Resource Planning, o Sistema de Planificación de los Recursos de la Empresa).

La base conceptual de la que partimos, podemos enfocarla en los postulados de W. Deming, de quién precisamente Toyota tomó y capitalizó en función de desarrollar su sistema.

Partiendo del concepto de Producción Ajustada (Lean Manufacturing), contemplando todas las herramientas y métodos puestos a disposición para trabajar en este marco (Just-in-time; SMED, Poka Yoke, Kanban, TQM, etc.) y los respectivos procedimientos/procesos que surgen a partir de ellos, donde la mejora continua es un eje fundamental.

Considerando los enunciados de Deming en los 14 puntos, allí manifiesta una nueva concepción de trabajo en las organizaciones, propiciando a que se haga más ameno, promoviendo la horizontalidad, siempre enfocado en la calidad demandada y en la permanente actitud de mejora.

Así mismo, las consideraciones que menciona, sobre quienes dirigen estas organizaciones, es un fuerte llamado de atención, y sin duda un punto de reflexión para quienes tomen la decisión de buscar un nuevo camino, que mejore lo que hasta aquí tienen.

Como parte del marco conceptual merece comentarse que la estrategia CIM, consiste en un sistema basado en computadoras que integra todos los elementos en el proceso de manufactura. Es la vinculación del total de la empresa, a través del uso de sistemas integrados y de comunicación de datos. Esta vinculación se refiere a todos los recursos (financieros, humanos, tecnología y equipamiento). La integración se logra a través de una efectiva comunicación en tiempo real. Los elementos de CIM son Diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM), Manufactura Flexible (FMS), y planeamiento de procesos asistidos por computadora (CAPP)

Por otro lado debe considerarse lo que significa un sistema de Gestión Informático como un ERP es una herramienta central en la estrategia CIM. Actualmente existen aplicaciones de software y dispositivos que constituyen estándares definidos, uno de estos componentes estándar esta dado por los sistemas de Planificación de los Recursos de la Empresa, ERP. Estos son sistemas informáticos desarrollados para modelar y automatizar la mayoría de los procesos básicos de una organización, desde la gestión financiera hasta la producción en el taller. Tradicionalmente, en una organización existen varios tipos de software o paquetes que realizan diversas funciones por separado. Los sistemas ERP están pensados para proveer un solo sistema que maneje todas las funciones de una corporación. Este tipo de software brinda un espejo de la imagen de la mayoría de los procesos de una organización, desde la generación de una orden de venta, hasta la distribución del producto. De esta manera es posible tener información en tiempo real de todos los procesos de la empresa, además de contener toda la información de la empresa en un solo repositorio, la base de datos que integra el flujo de datos de distintas fuentes. Así se llega a que la empresa se nutra de información de una única "fuente de la verdad".

Sobre las bases conceptuales establecidas en este punto, buscaremos plantear la propuesta en la que se basa el modelo que se desarrolla mas adelante en este trabajo.

## 2. MODELO A APLICAR

El modelo que se pretende proponer a organizaciones PyMEs, es el de pensar su operatividad totalmente integrada en toda la cadena de suministro, apoyándose en la tecnología por computadoras. Un solo proceso en el que todos participan e interactúan, es decir lograr la visión holística de la empresa.

Pero para que esto pueda materializarse, superando condiciones de borde que imponen la organización y la cultura de la empresa, ofrecemos un método que facilite llevarlo adelante.

Esto deberá ocurrir si y sólo si, previamente se haya realizado un estudio de factibilidad que haya determinado en forma positiva sobre poder implementar el cambio de paradigma.

La metodología puede resumirse de la siguiente manera:

- 1) Relevamiento de la situación actual:
  - Política institucional actual: analizar si hace falta modificar o crear.
  - Organigrama institucional: análisis de su conformación
  - Procesos operativos: desarrollo actual, analizando todos los sectores que participan. Incluyendo relación con proveedores y con clientes.
  - Análisis de capacidad tecnológica instalada
- 2) Nuevo modelo de organización:

- Definir política institucional
  - Definir nuevo organigrama: acorde a las necesidades
  - Evaluar necesidades profesionales: actores acordes.
  - Diseñar/definir interacción entre áreas: flujo comunicacional/informativo.
  - Elaborar nuevo proceso logístico: interno y externo (incluir a clientes y proveedores)
  - Evaluar necesidades tecnológicas
- 3) Planificación operativa:
- Definir tiempos de capacitación
  - Personal
  - Capacitación: comportamental (liderazgo, trabajo en equipo, etc.)
  - Capacitación: herramientas (5 S, Mejora continua, etc.)
  - Elaboración de procesos y procedimientos (Según Normas, SGC)
- 4) Planificación tecnológica:
- Establecer tiempos
  - Definir programas a instalar: Administrativos, planificación, producción, mantenimiento, diseño, ingeniería, logístico, etc.
  - Buscar proveedor ERP
  - Coordinación interdisciplinaria para transmitir necesidades al proveedor del ERP
  - Poner en conocimiento del proceso logístico que debe cumplirse: respetando las políticas, y procedimientos de la empresa.
  - Análisis de lay-out de Planta.
  - Definición de nuevas herramientas de producción (si fuese posible), como renovación, automatización.
  - Capacitación al personal
- 5) Pruebas piloto:
- Planificar las pruebas piloto
  - Determinar período de prueba
  - Poner en marcha prueba piloto.
  - Analizar resultados
  - Corregir desvíos
  - Repetir prueba
  - Ajustar
- 6) Puesta en marcha:
- Implementación
- 7) Revisión:
- Aplicación de métodos de optimización

Como ocurre en cualquier proceso de cambio esta metodología exige durante todo el camino el máximo compromiso de la Dirección. Esto será fundamental para lograr el éxito más allá de los distintos factores, internos y externos, que conspirarán en contra de la metodología.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Desde hace un tiempo, se ha podido comprobar que las empresas ya no compiten entre sí. En la actualidad la competencia se da entre las Cadenas de Suministro.

Esto implica poner el foco en la coordinación entre las partes que la conforman, deben articular sus funciones de manera de lograr un proceso óptimo, que le agregue valor certero a lo que el mercado les demanda.

Es aquí, entonces, donde la implementación de herramientas para avanzar en la metodología CIM logrando plasmar la estrategia de Organización Integrada, adquiere realmente preponderancia.

En la garantía que éstas prácticas operativas y funcionales ofrecen, están los fundamentos para que organizaciones con las características de las PyMEs nacionales, aborden estos nuevos desafíos, para sostenerse con la suficiente base en el mercado del que participen, sino que puede también abrir nuevas puertas, respaldado por la confiabilidad ganada.

Debe observarse que la metodología propuesta pone de manifiesto que la implementación de un nuevo paquete tecnológico no significa solo seguir una serie de pasos relativamente fáciles. Debe observarse que algunas tareas no técnicas, como la comunicación con empleados, son consideradas esenciales. Se requieren cambios en roles, prioridades, objetivos departamentales, formas de operar, control, trabajo interdepartamental entre otros. Esto se debería desarrollar fuertemente en las dos primeras etapas según la metodología propuesta.

Por último se cree necesario destacar que la tecnología por si sola no minimiza déficits estructurales existentes en empresas y/o cadenas de valor, por cuanto las TICs por si solas no pueden colaborar en el aumento de la competitividad sin antes resolver la organización de la cadena de valor, u optimizar la operatoria física de las empresas. Para ejemplificar este hecho se puede citar un trabajo de Lundval y Nielsen [6], sobre la industria Dinamarquesa, donde se indica

que las empresas que introdujeron tecnología sin combinarlas con inversiones en capacitación de los empleados, sin hacer cambios en la Dirección, y sin modificar la Organización de trabajo, tuvieron un efecto negativo sobre el crecimiento de la productividad que duró varios años.

#### **4. ESTUDIO DE CASOS**

En función de anclar la metodología sobre una base práctica se citan a continuación tres hitos de experiencia profesional, que permiten arribar a los argumentos para dejar esta propuesta a disposición de organizaciones que decidan optimizar su funcionamiento.

El objetivo de integrar la organización desde el punto de vista operativo y establecer una metodología para efectuarlo, lo respaldaremos con experiencias obtenidas en la práctica profesional, donde se pudieron realizar procesos de reingeniería y producido un cambio de paradigma, estableciendo un nuevo marco cultural, adaptado a esta propuesta de Integralidad.

La primera experiencia, data de 1994, en la industria automotriz, una de las terminales instaladas en Argentina, consignataria de dos marcas europeas de vehículos, fue conminada por las casas matrices a modificar su operatividad en virtud de generar mejores productos, con mira en el cliente y haciendo más eficiente su funcionamiento en un esquema de participación de todos los estamentos de dicha empresa.

Esta empresa, hasta esa fecha, tenía un diseño de organización plenamente vertical, desarrollado sobre la base de compartimentos estancos, donde el nivel operativo, por ejemplo, no tenía otra función que no fuese “usar la herramienta de trabajo”.

Bajo la consigna “Planta Integrada” se convocó a participar a uno de los autores, junto a otros compañeros, de un proyecto de alcance interdisciplinario, que ponga en práctica los fundamentos enunciados por Deming y fundamentalmente, aplicado como el TPS.

Básicamente, este proceso abarcó, Reingeniería, Cambio organizacional, incorporación del método CIM, que al cabo de un año, logró implementarse, con pruebas piloto previas, que ofrecieron los datos necesarios para ajustar desvíos.

En el año 1997, una empresa metalúrgica del rubro aluminio, multinacional, con filial en Argentina, adquirió a Toyota su sistema, para aplicarlo a toda la organización, a toda su unidad de negocios, no solamente a la producción.

La participación en este proceso, como facilitador, a partir de la experiencia laboral anterior permitió acompañar el desarrollo de las capacitaciones a colegas y personal a cargo.

Esta empresa, también trabajó sobre lo organizacional, integración tecnológica y reingeniería.

Aproximadamente un año duró ese proceso, que comenzó a implementarse con casi todos los elementos previstos, en forma simultánea.

La tercera experiencia de la que se participó, fue en la implementación de la estrategia CIM en una autopartista proveedora de Toyota, que precisamente establecía operar bajo los preceptos de su sistema, casi como condición necesaria para tenerlo de cliente.

Esta experiencia, que data del año 2008, s, se inscribe dentro de las más peculiares y tal vez la que permitió llegar a conclusiones integrando la experiencia de los casos anteriores, y generaron la certeza para avanzar en la definición de la metodología propuesta en este trabajo.

Básicamente, la integración a través de la tecnología, procesos de reingeniería y también modificaciones en la propia organización, caracterizaron el proceso, pero como en ningún otro caso, la falta de una planificación correcta para esto –aunque sí estaba muy firma la decisión-, quedó a la vista.

Estas son tres experiencia muy ricas en contenido, que generaron la necesidad de hacer un análisis profundo de los procesos, caracterizados todos por saber lo que era necesario hacer, pero no estableciendo la secuencia lógica para la formación y transformación que se fueron llevando a cabo en cada uno de los casos.

Así, recopilando estas experiencias, surge esta propuesta, que pretende aportar un método que aborde estos cambios con la fluidez necesaria, de modo de que cada paso que deba darse, sea capitalizado de modo contundente y permita avanzar con mayor seguridad al siguiente, dejando siempre la puerta abierta a mejorarlo en forma permanente.

#### **5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

Como síntesis de esta exposición, es pertinente mencionar lo siguiente: En aquellas organizaciones donde la decisión de implementar este cambio de paradigma, se mantuvo firme y constante, los resultados fueron todos positivos, aún en la visualización de puntos de ajuste.

Pero la convicción, que debe estar fundamentalmente instalada en la o las máximas autoridades de la empresa, es lo que garantiza el éxito del proyecto.

Todo lo contrario sucede cuando esta convicción flaquea, o bien cuando se deja de prestarle la atención necesaria, eso se transmite al resto de la organización, dando magros resultados y en algunos casos siendo muy negativos.

Es preciso reafirmar, remarcar, que esto implica un cambio de cultura en la organización, y es tal vez el punto más determinante a considerar, ya que de la aceptación o rechazo de la misma, depende el resultado. Pero si la decisión por parte de la dirección de ellas es categórica, esas barreras se irán sorteando, no sin esfuerzo y dedicación.

También es muy importante aclarar, que ningún cambio se da en forma instantánea, es un proceso largo, con ciertas frustraciones en el camino de la transformación, que el tiempo irá puliendo hasta lograr un régimen que permita dar ciertas garantías y confiabilidad.

Por último debe notarse que en el proceso de incorporación de tecnología en la empresa, esta es solo una herramienta y no el foco. El éxito de la implementación estará dado por el comportamiento de la organización frente al cambio y el cambio cultural para trabajar en el nuevo contexto.

Por último, vale la pena decir que este trabajo será continuado y profundizado a partir del trabajo comprendido en el proyecto de investigación "Análisis del abordaje de herramientas de Producción 4.0 en PyMEs Locales", aprobado en la convocatoria UNAJ Investiga 2017.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

[1]-Walas Mateo, F. (2010) implementación de nuevas tecnologías en sistemas Productivos. Impacto sobre los procesos de producción, la Organización y los recursos humanos. X SEPROSUL – Tecnologías innovadoras y Gestión del conocimiento, Santiago, Chile.

[2]- Walas Mateo, F.; Lastiri, V.; Figari Bizzoto, S; Andrieu, D. (2014) Estudio del impacto de implementación de tecnología en la competitividad de Las cadenas de valor sectoriales en la Región de influencia de la UNAJ, Revista ED Experiencia Docente. Vol 2\_nro1

[3]- Davenport, T.H. (1996), Innovación de Procesos, Diaz de Santos S.A.

[4]- Hax, A., Majluf, N.(1997), Estrategias para el Liderazgo Competitivo, Granica S.A.

[5]-Borello,J., Robert,V., Yoguel G. (editores) (2006), La informática en la Argentina Desafíos a la especialización y a la competitividad, UNGS - Prometeo Libros.

[6]- Lundvall, B. A. Y Nielsen, P (1999) "Competition and Transformation in the Learning Economy – The Danish Case", Revue d'Economie Industrielle, N°88, Paris.

[7]- Collazo, J. Y Saroka, R.H., Informática en las Organizaciones. CPCECABA, 2010

[8]- Porter, M. E., Millar V. Cómo obtener ventajas competitivas por medio de la información. Harvard-Deusto Business Review. 1986. Barcelona

9- Monden, Y. (1998) Toyota Production Systems, Engineering & Management Press, Estados Unidos.

# Estudio de la red de valor en industrias madereras, caracterización de los dos primeros eslabones: Producción Forestal e Industrialización.

Bangert, Vanesa; Croce, Cecilia; Álvarez, Gabriela; Tibaldo, Aldana; Monti, Hernán

*Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.*  
Lavaisse 610, S3004EWB Santa Fe. [vjbangert@frsf.utn.edu.ar](mailto:vjbangert@frsf.utn.edu.ar); [ceci.croce@gmail.com](mailto:ceci.croce@gmail.com);  
[alvarez.gabriela@gmail.com](mailto:alvarez.gabriela@gmail.com); [atibaldo@frsf.utn.edu.ar](mailto:atibaldo@frsf.utn.edu.ar); [montihernan@gmail.com](mailto:montihernan@gmail.com)

## RESUMEN

Desde una perspectiva global, el campo de estudio abordado en este trabajo es el de la mejora de procesos, aplicado a la industria maderera. En este sentido, es importante reconocer el acelerado cambio de las últimas décadas en todas las organizaciones. Esto es, transitan fuertes modificaciones en su tecnología, en las formas de gestionar sus recursos, en los enfoques de posicionamiento y en general en las distintas prácticas de trabajo que requiere cada empresa. A partir de cada problemática se debe analizar la situación y responder de la manera más rápida posible.

Las empresas se enfrentan a un ambiente competitivo y dinámico que las obliga a elaborar productos de calidad, con el menor tiempo y costo posible, enfrentándose al desafío de tomar decisiones que resultan cada vez más riesgosas. A partir de esto y en base a los enfoques actuales de la gestión de negocios, es necesario considerar los modelos referidos a Red de Valor y Cadena de Valor. La red de valor es el conjunto de relaciones y vínculos entre organizaciones necesarios para crear un producto o servicio [1]. De forma más específica, la cadena de valor empresarial, o cadena de valor, es un modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor al cliente final [1].

Luego, el PID [2] a partir del cual surge este trabajo plantea, dentro de las primeras etapas de investigación, una serie de requerimientos vinculados a la identificación de los eslabones que conforman la cadena de valor de la industria maderera y al análisis de sus procesos industriales correspondientes a la primera y segunda transformación. A partir del abordaje de dicho PID surge esta presentación denominada "Estudio de la red de valor en industrias madereras, caracterización de los dos primeros eslabones: Producción Forestal e Industrialización".

**Palabras Claves:** procesos, recursos, gestión, industria, eficiencia.

## ABSTRACT

From a global perspective, the field of study has approached in this work is that of process improvement, applied to the wood industry. In this context, it is important to recognize the accelerated change of the last decades in all organizations.

That is, they go through strong modifications in their technology, in the ways of managing their resources, in positioning approaches and in general in the different work practices that each company requires. Based on each problem, the situation must be analyzed and answered as quickly as possible.

Companies deal with a competitive and dynamic environment that forces them to produce quality products, with the least time and cost possible, take on the challenge of making decisions that are increasingly risky. Starting from this and based on current approaches to business management, it is necessary to consider the models referred to Value Network and Value Chain. The value network is the set of relationships and links between organizations needed to create a product or service [1]. More specifically, the business value chain, or value chain, is a theoretical model that allows describing the development of the activities of a business organization, generating value to the final customer [1].

Then, the PID [2] from which this work arises, within the first stages of research, propose a series of requirements linked to the identification of the links that make up the value chain of the timber industry and the analysis of their corresponding industrial processes to the first and second transformation. From the approach of said PID arises this presentation called "Study of the value network in wood industries, characterization of the first two links: Forest Production and Industrialization".

**Keywords:** processes, resources, management, industry, efficiency.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En Argentina el sistema foresto industrial es muy complejo, porque se desarrolla en casi todo el país e incluye actividades que van desde la creación y/o aprovechamiento del bosque, pasa por la producción de insumos para un importante número de industrias y llega hasta la elaboración de productos de consumo final como muebles, utensilios, papeles, entre otros. En el país existen más de 2500 industrias de este sector y el 60 % de ellas se encuentra en la Región Centro.

En particular, el PID sobre el que se basa esta presentación se formula para abordar, desde lo específico, uno de los eslabones que constituye la cadena de valor Foresto Industrial, el eslabón correspondiente a Muebles y partes de muebles fabricados a partir de tableros reconstituidos, láminas y chapas.

En la última década, la producción mundial de tableros de madera mostró un mayor dinamismo que la de madera aserrada, la evolución responde a la tendencia a sustituir madera sólida por tableros reconstituidos en la fabricación de muebles. La mayor utilización del tablero, con respecto a la madera sólida, presenta ventajas en varios aspectos: por un lado, el aprovechamiento de madera de poco valor y por otra parte el aprovechamiento de residuos de las industrias de transformación mecánica (principalmente aserraderos y manufacturas). La industria del mueble de tableros industrializados, está conformada en esencia por Pymes urbanas, desvinculadas geográficamente de los eslabones forestales y de la industria de tableros. Estas empresas están radicadas, en su gran mayoría, en Santa Fe, Córdoba, Rosario, Gran Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y también algunos agrupamientos en localidades medianas del interior. Además, existe un grupo de empresas especializadas en muebles de cocina, placares y vestidores cuya calidad superior se sustenta en el uso de herrajes y otros insumos importados, y en la prestación de servicios de diseño personalizados, que les permite ajustar sus productos a las necesidades del público. Adicionalmente, brindan un servicio de armado y puesta a punto en obra. Coexisten en este grupo, con un menor nivel de calidad, fábricas de muebles de oficina, de baño y, en general, muebles (living, consolas, placares, entre otros) de mediano a bajo costo y calidad. Desde la perspectiva de la gestión de negocios, cabe mencionar que se evidencian problemas de escala para acceder a los mercados internacionales, provocando, en los últimos años, una pérdida de las incipientes exportaciones. Dentro de la cadena foresto industrial, el segmento de muebles es uno de los eslabones con gran capacidad de generar valor a través de la incorporación al proceso productivo y a los productos, de distintas técnicas de diseño, de innovación tecnológica y de herramientas que permitan mejorar sus procesos de gestión para hacer más eficiente el uso de sus recursos, económicos, materiales, humanos y de todos los insumos que participan en el desarrollo productivo. En este sentido se debe recordar que, la mejora en los procesos de gestión puede abordarse desde distintas perspectivas, pero siempre a partir de un robusto diagnóstico de cada situación y teniendo como premisa el equilibrio entre los esfuerzos a realizar y el cumplimiento de los objetivos buscados.

En particular, en esta presentación se plantea un estudio desde lo “macro a lo micro”, representando y estudiando los eslabones hacia atrás y hacia delante de la industria de Muebles y partes de muebles fabricados a partir de tableros reconstituidos, láminas y chapas; es decir comenzar desde la producción forestal hasta llegar, en esta ocasión por cuestiones de grado de avance del PID, a la identificación de la Red de Valor en la que se encuentra inmersa la industria bajo estudio.

## **2. DESARROLLO**

A continuación, en la Figura 1 se presenta un Esquema General del Sector Foresto Industrial Argentino. A partir de esta visión general de las relaciones de negocios desarrolladas en este rubro, se trabajará para caracterizar la producción forestal y la primera etapa de industrialización.

Para caracterizar este mapa de eslabones organizacionales, tal como ya se mencionó, se plantea trabajar con un modelo que describe cada sector a partir de la relación con los demás. Recordando que, un modelo es una abstracción cuidadosamente seleccionada de la realidad [3]; se aborda, en este caso, el estudio de los distintos sectores industriales teniendo presente que, investigaciones exhaustivas de un área en particular, requieren técnicas que permitan analizar cada caso en forma específica.

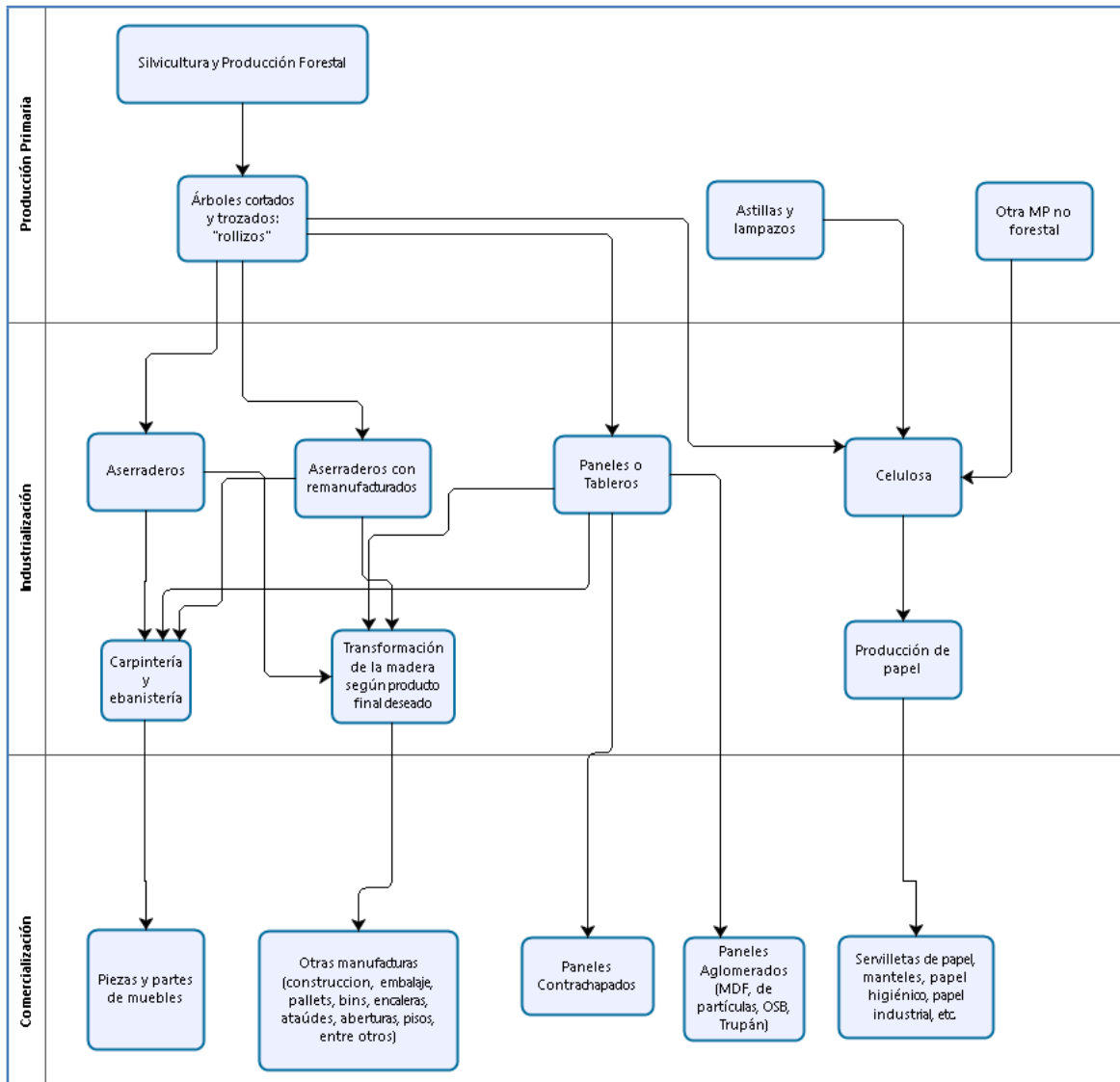


Figura 1 Diagrama General Sector Foresto Industrial Argentino. Fuente: elaboración propia.

## 2.1. Producción Forestal.

La producción de madera puede hacerse a partir de la explotación de bosque natural o de plantaciones forestales. Según el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) [4], la superficie forestal argentina está conformada por 53 millones de hectáreas de monte nativo y aproximadamente 1,2 millones de hectáreas de monte implantado.

### 2.1.1 Bosques implantados o cultivados.

Las cadenas forestales del bosque implantado, representados fundamentalmente por especies exóticas de rápido crecimiento, en su mayor parte de pino y eucalipto, se originan a partir de los productores silvícolas, quienes implantan los árboles para posteriormente realizar la comercialización. La silvicultura abarca las siguientes actividades:

- Determinación del uso de la madera
- Selección de especies
- Recolección de semillas
- Construcción de vivero de arboles
- Siembra o plantación
- Manejo silvicultural de la plantación
- Producción de madera en pie

Se pueden realizar distintos tipos de extracciones de los bosques de cultivo: el corte total o tala rasa, las podas o recortes para obtener fustes rectos con menos ramificaciones y los raleos o eliminación de árboles dentro de la plantación que permiten el mejor crecimiento del bosque. De estas extracciones se obtiene, aproximadamente, un 80% de madera sólida y un 20% de madera triturable. Hoy en día casi el 80 % de las plantaciones se encuentran en la denominada Mesopotamia y "Buenos Aires-Delta".

Además de generar beneficios económicos y sociales, los bosques implantados proveen a la sociedad importantes beneficios ambientales como la fijación de carbono, sustitución en el uso de maderas nativas, favorecen la recuperación de suelos degradados, protección para los recursos hídricos, entre otros bienes.

### **2.1.2 Bosque nativo**

Por su parte, el aprovechamiento del bosque nativo, conformado por árboles autóctonos principalmente el quebracho colorado, el algarrobo y el quebracho blanco, comprende diversas actividades tanto primarias como manufactureras. Estas actividades productivas se originan en los productores forestales u obrajeros, quienes extraen los productos del bosque. La implantación de especies nativas es, hasta el momento, poco significativa.

Las regiones de bosque nativo del país se dividen en, Selva Misionera, Selva Tucumano Boliviana, Bosque Andino Patagónico, Bosque Chaqueño, Monte y Espinal.

### **2.1.3 Empresas Forestales.**

A continuación, se detallan las empresas forestales más representativas de mercado forestal argentino [5]:

**Arauco Argentina:** es una de las mayores empresas forestales de América Latina, con operaciones productivas en Chile, Argentina, Uruguay, Brasil, Estados Unidos y Canadá. En Argentina cuenta con un patrimonio forestal de 263 mil hectáreas, (233 mil hectáreas en Misiones y 30 mil hectáreas en la zona central del país), de las cuales 43% corresponde a Bosques Nativos y otros usos; 49% comprende plantaciones de Pino Taeda -en su mayor parte-, Araucarias y Eucaliptos; y el 8% restante son áreas forestables y reforestables.

**Celulosa Argentina:** es una empresa argentina líder del sector foresto-industrial, con actividades en Argentina y Uruguay. El área forestal cuenta con 21 mil hectáreas, siendo el desarrollo forestal una actividad estratégica del grupo, a través de la clonación de ejemplares en viveros propios. Forestadora Tapebicúa es una empresa perteneciente al Grupo Celulosa Argentina, desarrolla actividades forestales en la provincia de Corrientes, donde posee 2 aserraderos y 1 planta de compensados: el Centro Industrial Virasoro y el Centro Industrial San Charbel. Estos centros se especializan en el cultivo y procesamiento de madera de eucalipto y pino.

**Masisa Argentina:** cuenta con 198 mil hectáreas de plantaciones forestales, de las cuales 46.460 hectáreas están localizadas en nuestro territorio y 10 complejos industriales de tableros distribuidos en Chile, Argentina (ubicado en Concordia, Entre Ríos), Brasil, Venezuela y México con una capacidad instalada de 3.327 mil metros cúbicos anuales para la fabricación de tableros, además de 1.798 mil metros cúbicos anuales para recubrimiento de tableros con papeles melamínicos y folios; asimismo, posee una capacidad anual total de 721 mil metros cúbicos de madera aserrada y procesos de remanufactura para la fabricación de molduras de MDF.

**Papel Prensa:** se inauguró en 1978; ubicada en San Pedro, provincia de Buenos Aires, es la primera empresa nacional dedicada exclusivamente a la producción de papel para diarios y la única planta que produce papel para diarios a partir de salicáceas -sauces y álamos-, que se desarrollan tanto en el Delta del Río Paraná como en la Pampa Húmeda. Permite sustituir importaciones cercanas a los 90 millones de dólares anuales.

**Unitan:** lidera desde hace más de cien años su sector industrial por volumen, línea de productos y calidad. Su producción anual de 40 mil toneladas de extracto de quebracho que exporta en un 90% a más de cincuenta países, en sus dos fábricas ubicadas en las provincias de Chaco y Formosa; posee viveros con una capacidad de producción de 500 mil plantines anuales, de especies nativas que destinan a ensayos forestales propios y forestaciones de terceros.

### **2.1.4 Legislación.**

Existen dos leyes nacionales que dan el marco normativo a esta cadena: la de Inversiones para Bosques Cultivados Ley N° 25.080 y la de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos Ley N° 26.331. Las competencias forestales en el ámbito nacional se encuentran divididas en tres organismos principales: el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el Ministerio de Agroindustria y la Administración de Parques Nacionales (APN).

### **2.1.5 Empleo generado por el sector**

Según los datos del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación (MTEySS), en base al Sistema Integrado Previsional Argentino (SIPA) los 95.885 asalariados registrados en las ramas de la cadena forestal en el tercer trimestre de 2015 representan el 1,5% del empleo nacional.

En el siguiente cuadro se puede ver como se desglosan según la actividad, la cantidad de empleos generados:



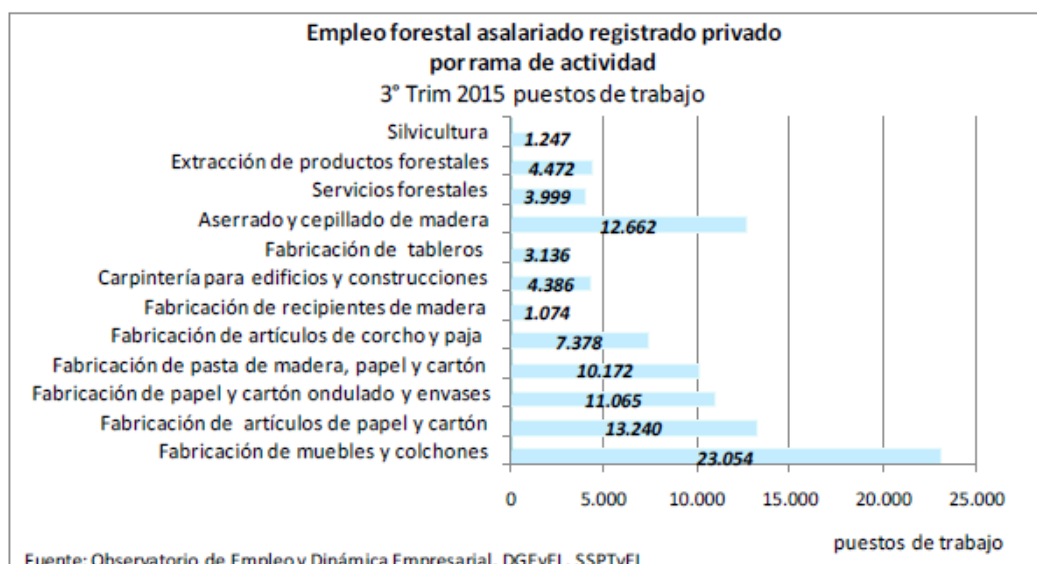


Figura 2 Empleo sector forestal, año 2015. Fuente: Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación.

### 2.1.6 Balanza comercial.

En el siguiente cuadro, generado a partir de los datos brindados por el INDEC, se observa la evolución de las Exportaciones e Importaciones del sector Foresto Industrial en el período 2017, y el resultado de la Balanza Comercial deficitaria.

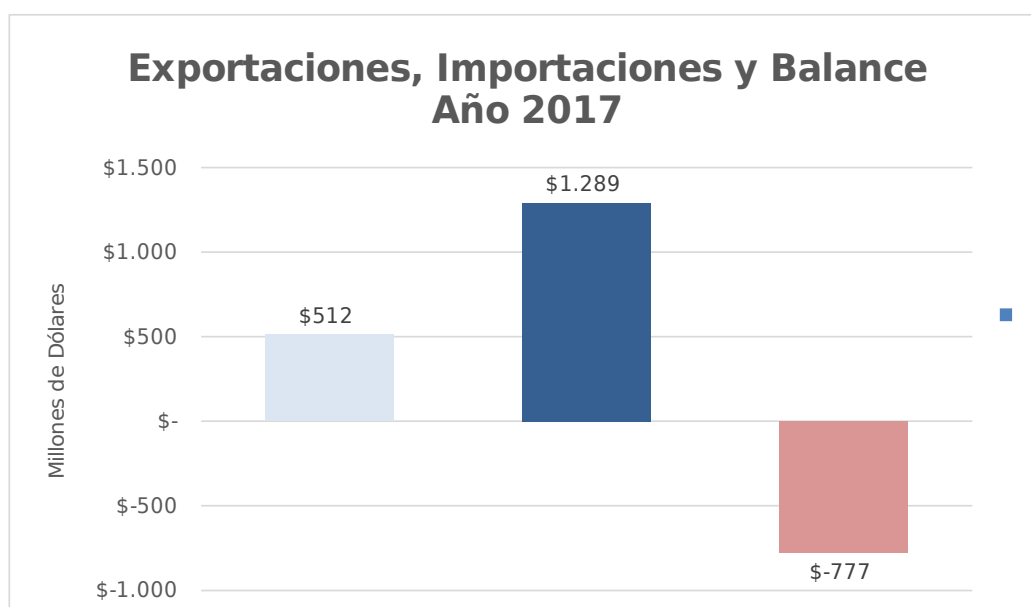


Figura 3 Balanza comercial sector foresto industrial 2017. Fuente: Elaboración propia con base en INDEC.

## 2.2. El sector forestal: Industrialización

El sector forestal y foresto industrial en Argentina se pueden dividir de acuerdo con las regiones forestales del país. En primer lugar, la región Mesopotámica que es la zona más desarrollada desde el punto de vista forestal e industrial, conformando verdaderos clusters. Posee casi el 80 % de todas las forestaciones del país y un gran adelanto en el proceso industrial que está más desarrollado en Misiones y NE de Corrientes y algo menos en Entre Ríos y sur de Corrientes.

El resto de las forestaciones del país se distribuye en las demás regiones, participando cada una con distintos cultivos y destinos en base a características propias de cada lugar.

### 2.2.1 Transformación Primaria

La producción forestal primaria se agrupa en base a diferentes categorías de materias primas que se extraen del bosque nativo o implantado, y luego se comercializan como tales, o son el inicio de posteriores procesos productivos.

Tabla 1 Procesos de la transformación primaria y sus resultados.

ASERRADO	PANELES-TABLEROS	REMANUFACTURA Y MOLDURA	PASTA CELULOSICA
Madera aserrada o comercial	Aglomerados Enchapados	Guardapolvos Esquineros de puertas	Papel

### 2.2.2 Proceso Productivo – Aserradero

El proceso industrial más importante relacionado con la madera es sin duda el Aserradero. En este proceso se utiliza la materia prima, los árboles cortados y trozados, –conocidos como rollizos–, para producir madera aserrada, para fines diversos como la madera para construcción, madera para embalaje, muebles, puertas, etc. A continuación, en la Figura 4 se presenta un diagrama general del proceso productivo en el aserradero.

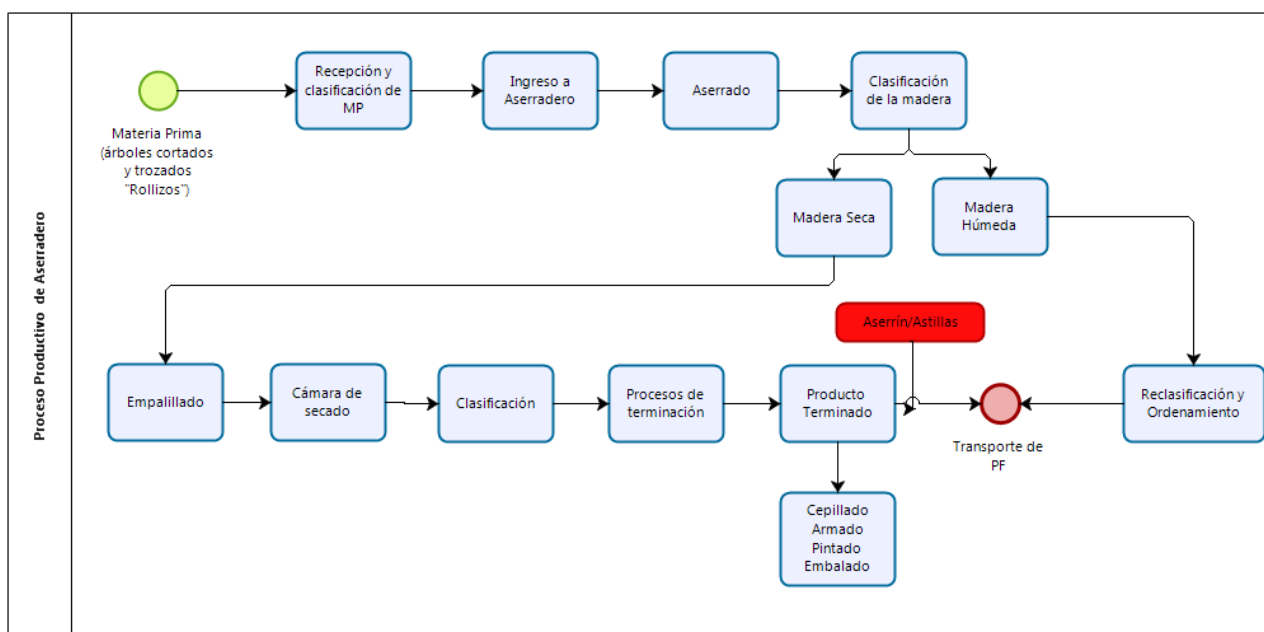


Figura 4 Proceso productivo de aserradero. Fuente: elaboración propia a partir de análisis de Informe industria forestal – Fundación Sol. Enero 2008.

### 2.2.3 Proceso Productivo – Paneles

Otra gran industria que ha tomado mucha fuerza a nivel mundial en los últimos tiempos es la relacionada con los Paneles (conocidos también como Tableros). Básicamente, se distinguen dos grandes familias:

- 1) Paneles Contrachapados (Terciados o Plywood), que se forman por sucesivas capas de láminas de madera, y
- 2) Paneles Aglomerados, los que se fabrican mediante partículas de distinta granulometría que se aglomeran y prensan formando un panel sólido.

A continuación, se describen los procesos de fabricación de ambos tipos de tableros.

#### Tableros contrachapados

Este tipo de tablero tiene la particularidad de que utiliza “capas” de madera, manteniendo la forma y veta original. El proceso general de estos tableros se presenta en la Figura 5:

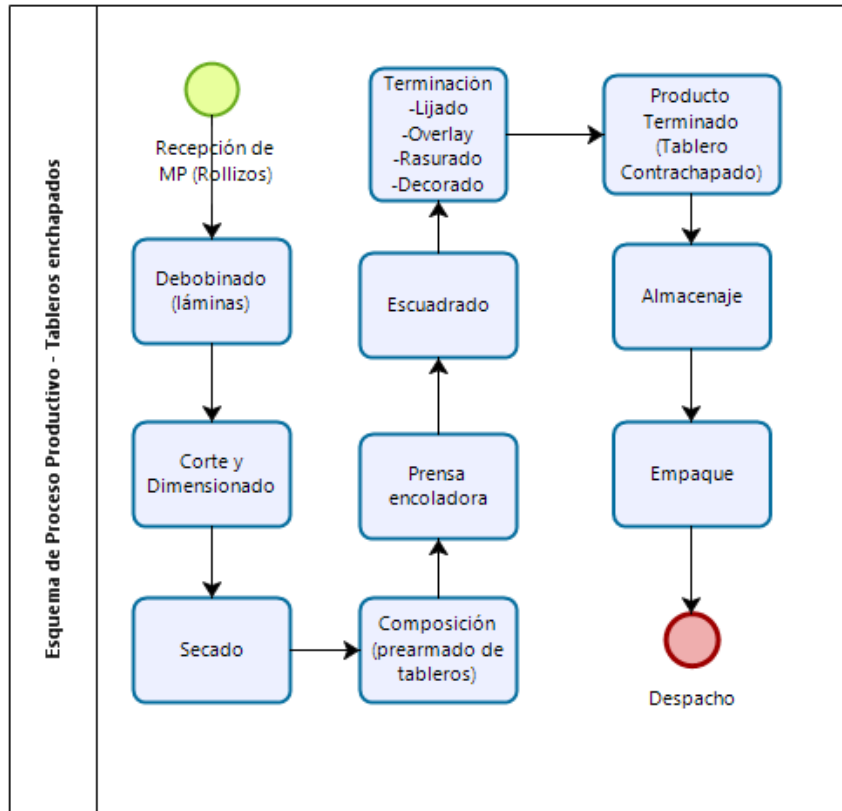


Figura 5 Esquema de Proceso Productivo - Tableros enchapados. Fuente elaboración propia a partir de análisis de Informe industria forestal – Fundación Sol. Enero 2008.

### Tableros aglomerados

Los tableros aglomerados, a diferencia de los contrachapados, utilizan las fibras de manera individual, por tanto, al igual que en la Celulosa, la madera se debe descomponer en partículas de menor tamaño. El tipo de tablero que se elabore –MDF, de partículas, OSB, Trupán, entre otros– depende del tamaño de la unidad que se va a unir (partículas finas, fibras de alta o mediana densidad, u “hojuelas” o virutas), del adhesivo que se utilice, y de la orientación de las unidades. Dado que cada tipo de tablero cuenta con maquinaria especializada y líneas de producción complementarias particulares de cada proceso. En la Figura 6 se esquematiza el proceso general de fabricación de tableros aglomerados.

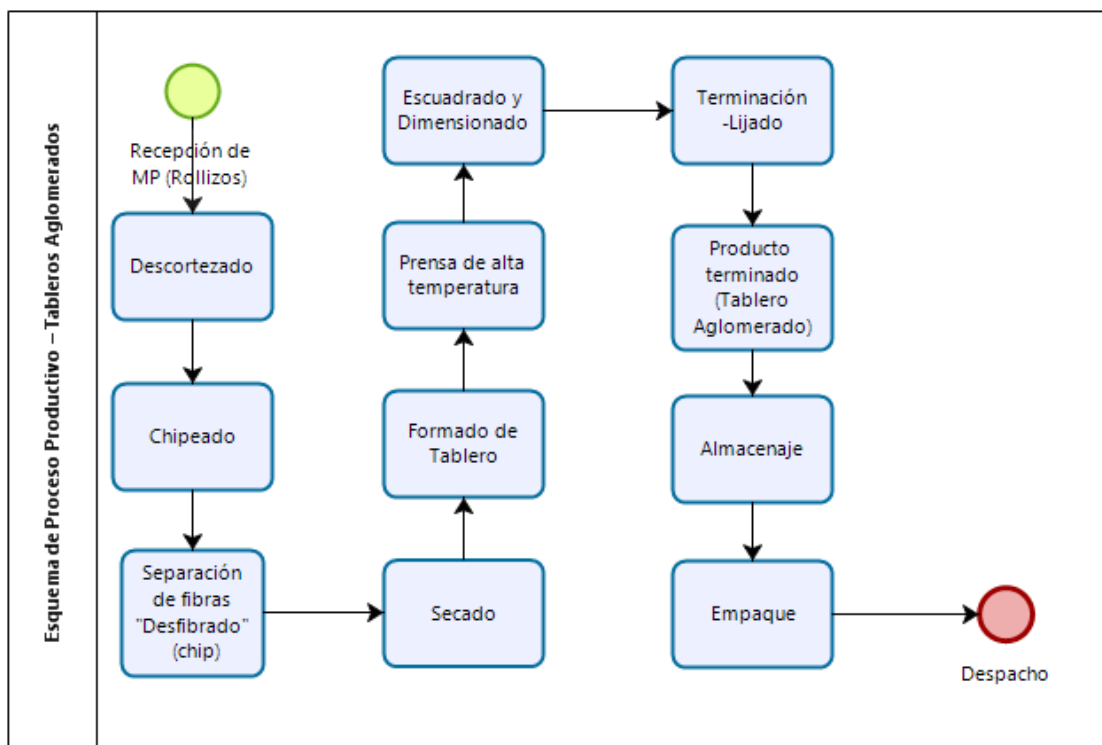


Figura 6 Esquema de Proceso Productivo – Tableros Aglomerados. Fuente de elaboración propia a partir de análisis de Informe industria forestal – Fundación Sol. Enero 2008.

### Proceso Productivo – Remanufactura y Molduras

En este proceso se le da una terminación especial a los productos y se elaboran variados tipos, tales como molduras de madera, esquineros de puertas, etc. La materia prima puede ser de dos tipos: i) de madera sólida, proveniente de aserraderos, y ii) de tableros aglomerados – específicamente MDF-. Así, hay plantas de Remanufactura de madera sólida, y plantas de Molduras que trabajan con tableros MDF.

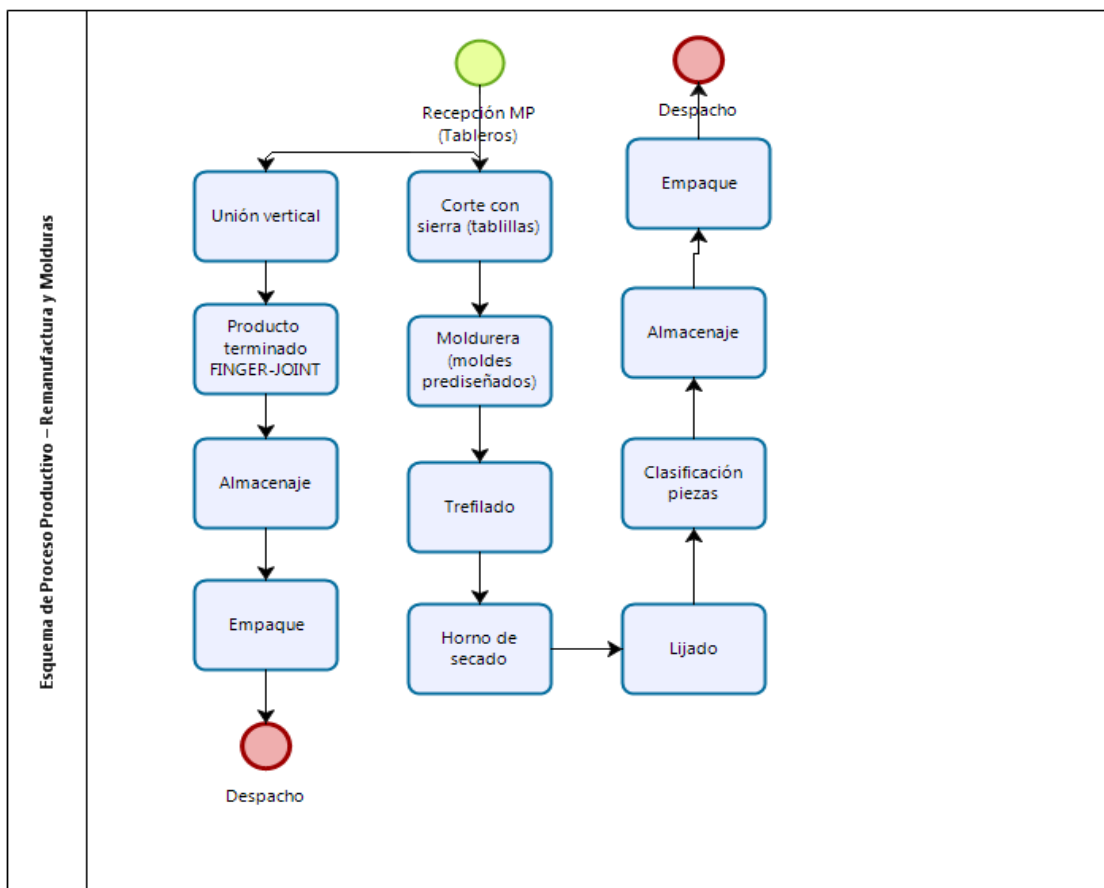


Figura 7 Esquema de Proceso Productivo – Remanufactura y Molduras. Fuente elaboración propia a partir de análisis de Informe industria forestal – Fundación Sol. Enero 2008.

### Proceso Productivo – Celulosa

Esta actividad industrial es la que actualmente genera más ingresos a las grandes empresas que están integradas horizontal y verticalmente en el rubro forestal. La celulosa se elabora mediante el proceso llamado “kraft”, en el cual las astillas (o chips) son cocidas en una solución acuosa alcalina con el fin de extraer la lignina, principal componente que mantiene unidas las células. La celulosa se obtiene en forma de pasta, la cual se lava y seca posteriormente, obteniendo ya el primer papel. Con posteriores cocciones, blanqueados y refinados se va obteniendo papel más puro.

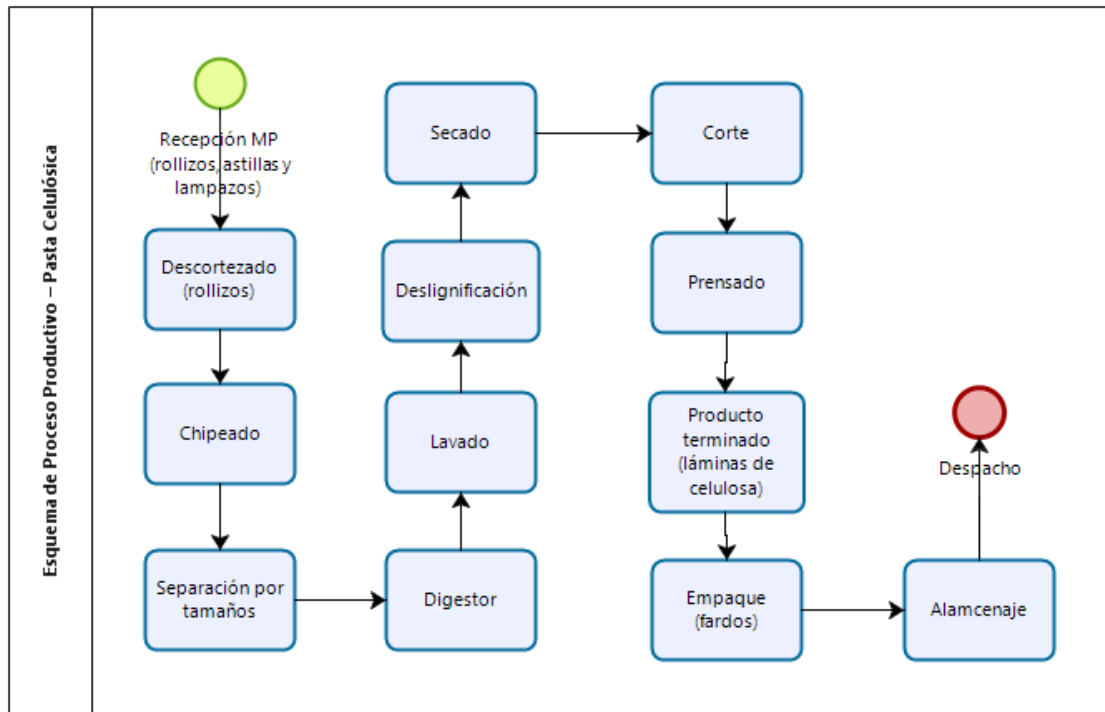


Figura 8 Esquema de Proceso Productivo – Pasta Celulósica. Fuente elaboración propia a partir de análisis de Informe industria forestal – Fundación Sol. Enero 2008.

#### 4. CONCLUSIONES.

En base en lo expuesto en el presente documento, y gracias al trabajo realizado, se cuenta con una descripción genérica del mapa de actividades involucrado en el sector industrial bajo estudio. A partir de lo logrado, se puede analizar si existe una agrupación de actividades entre los distintos eslabones empresariales que permita, por un lado, potenciar las ventajas en áreas específicas de su cadena de valor, y por el otro, analizar los casos dónde sea necesario mejorar, por ejemplo, la eficiencia de producción.

Además, en una etapa posterior a esta instancia, se pueden analizar las actividades en función de su costo y su valor. Por medio de ello, es factible trabajar sobre lineamientos importantes para centrar la gestión de recursos: por un lado, para mejorar los resultados de cada etapa o eslabón; y por el otro, para definir herramientas que permitan trabajar bajo un sistema de mejora continua transversal a cada bloque de procesos.

Luego, siguiendo los lineamientos planteados en el PID a partir del cual surge esta presentación, se continuará trabajando para profundizar el análisis específico de la cadena de valor de las fábricas de muebles y partes de muebles fabricados a partir de tableros reconstituidos, láminas y chapas.

Podemos concluir que lo desarrollado en esta presentación constituye una gran oportunidad para continuar trabajando en la línea de investigación del PID “Modelo de eficiencia de producción en industrias madereras. Caso de aplicación en Pyme de la Región Centro”. En este sentido, todo el equipo de trabajo logró incorporar conocimientos referidos a este campo de estudios, dinamizar internamente interrogantes que permitirán continuar profundizando el aprendizaje y plantear nuevas formas de continuar trabajando en dicho PID.

Finalmente, es importante resaltar que el conocimiento generado a partir de este trabajo es volcado en forma directa a todos los integrantes del Laboratorio de Análisis de Métodos, Tiempos y Ergonomía – LAMTER - del Departamento de Ingeniería Industrial de la UTN Santa Fe, espacio desde donde se gestó el PID disparador de este trabajo.

#### 5. REFERENCIAS.

- [1] Johnson, Gerry; Scholes, Kevan; Whittington, Richard. *Dirección Estratégica*. Pearson Educación S.A., Madrid 2006.
- [2] Bangert, Vanesa; Bustaber, Raúl. Modelo de eficiencia de producción en industrias madereras. Caso de aplicación en Pyme de la Región Centro. Código del Proyecto: TOUTNFE0004947. UTN – Santa Fe 2018.
- [3] Eppen, Gary.; Gould, F. J.; Schmidt, C. P.; Moore, Jeffrey; Weatherford, Larry. *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. México. 5° Edición. Prentice Hall. México.

- [4] Ley Nacional N° 26.331. Sanción 2007.  
<http://bosques.ambiente.gob.ar/geomaps#heading1>
- [5] Gorzycki, Rosa María; Ruggiero, Mariela. Informes de Cadena de Valor. Año 1, N° 14, Octubre 2016. Forestal, Papel y Muebles. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo.  
  
[https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/2017/SSPE\\_Cadena\\_de\\_Valor\\_Forestal\\_papel\\_muebles.pdf](https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/2017/SSPE_Cadena_de_Valor_Forestal_papel_muebles.pdf)

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a todo el equipo de este Proyecto de Investigación, al Departamento de Ingeniería Industrial de la UTN – Santa Fe y al LAMTER por el apoyo y colaboración para poder presentar esta publicación.

# TQM para empresas del sector energético en Industrias 4.0

Palma, Ricardo R.; Caballero, Alfredo A.\*; Simoncini A. Leticia\*\*

*Instituto de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Cuyo.  
Ciudad Universitaria Mendoza CP 5502 CC 204 Argentina*

*[rpalma@, acaballero@fing, lsimoncini@fing] .uncu.edu.ar*

## RESUMEN.

Una de las consignas sobre las que la CEPAL está interesando a las universidades de la región a investigar, es el impacto y los modos en que los grandes cambios provocados por las ciudades inteligentes tendrán sobre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenibles 2030. En este artículo pondremos énfasis en el impacto que las innovaciones en infraestructura crítica (en particular la energía) tendrán en general precisamente en las implicancias para las cadenas de suministro y la denominada industria conectada en particular. Este último campo epistémico emergente conocido como Manufactura 4.0 o simplemente como industria conectada, es de interés para la región y tiene en las empresas del sector energía un eslabón clave.

Teniendo en cuenta las exigencias que las empresas de energía tienen respecto a la capacidad de operar interconectadas, aún fuera de las fronteras de sus ámbitos locales y al hecho ello se garantiza adoptando el estándar ISO 9000 y familia conexas de normas, se utilizarán piezas de software que colaboren con la gestión en estos nuevos escenarios y que al mismo tiempo respondan a los cambios de tecnología que se avecinan. Entre ellos el más destacable para este artículo es la desaparición de la PC.

Se presentan resultados de experiencias piloto desarrolladas en el aula y en algunas empresas del sector energía de Mendoza. Se discuten líneas de investigación futura en este escenario de transición energética mundial. Teniendo en cuenta las tecnologías propuestas por Amazon Web Services, Oracle Virtual Box, Google Cloud Platform y Azure de Microsoft y que ellas siguen el estándar Industria 4.0 y hablan en forma nativa el lenguaje R-Server de CRAN, el caso de aplicación es presentado sobre esta plataforma, pero corriendo sobre sistema operativo Android Kit Cat a modo de ejemplo.

**Palabras Claves:** Industria 4.0, TQM , Smart City, R-Studio

## ABSTRACT.

One of the main subjects that CEPAL (United Nations ECLAC) is proposing to the academic world is research activity on the impact that Smart Cities will have on the 17 Sustainable Development Goals 2030. In this article we will emphasize the impact that innovations in critical infrastructure (especially in energy) will have in general manufacturing field and more precisely in the implications for supply chains and interconnected industry as more focused fact. This emergent epistemic field, known as Manufacturing 4.0 or interconnected industry, is important for the region and has in the companies of the energy cluster a key link.

Keeping in mind the needs that the modern energy companies have, and the capability to be able to operate interconnected, even out of their regional or local operative environment, and the fact that ISO 9000 and associated family normative is the way to assure the management of this interoperability, chunk of software code will be used to help in the management process in this new scenario and be able to work with the emerging technology. The main change visualized in this scenario is the PC's vanishing or disappearance.

Some results of classroom experiences and local enterprises are presented, and future research lines are exposed. Considering this and thinking that Amazon Web Services, Oracle Virtual Box, Google Cloud Platform and Microsoft's Azure have subscribed the Industry 4.0 main standards, and all those "holonics" platforms speak R-Server as a native language, then the study case was developed over R-Server but running over Android Kit Kat implemented with R-Cran as illustrative example.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Una de las características más notables de la evolución de las variables macroeconómicas que distingue al período pre y pos 1755 (aparición de la máquina de vapor en la industria textil y primera revolución industrial) es el marcado déficit de empleo -pre revolución industrial- y la altísima demanda de mano de obra calificada, cuando la economía de Inglaterra y luego Europa entran de lleno en esta nueva era [1]. El precio del salario agrícola cae sustancialmente y no supera el 30 % promedio de obrero industrial no especializado y su diferencia es notable respecto al de un obrero especializado como el calderista o el ingeniero de mantenimiento [2].

Este concepto sobre el impacto que innovaciones tienen en la creación de nuevos perfiles profesionales y el desplazamiento de puestos de trabajos tradicionales como preludio a ciclos de expansión de la economía es mejor descrito por [2] y se ha mantenido a lo largo de todas las revoluciones industriales como se señala más adelante en el texto.

A lo largo de la historia se han identificado cuatro revoluciones industriales. La primera como se dijo es la del telar y la máquina de vapor 1775, la segunda es la de la máquina de vapor que comienza a moverse (ferrocarril 1870), la tercera es la del ferrocarril sin vías (automóvil 1920/25) y la cuarta tiene que ver con un fenómeno que comienza después de la segunda guerra mundial, y genera este fenómeno de demanda de mano de obra que aún no es formada por las universidades. Está más relacionado con las industrias sin chimenea, cine, prensa, radio y televisión, transmisiones de eventos deportivos por satélite, industria de la música y el disco, los viajes aéreos a destinos antes muy lejanos [3]. Un patrón común en todos estos ciclos o revoluciones están relacionados con innovaciones que causaron primero crisis y luego expansión económica.

Muchos historiadores, estudiosos de la geopolítica, e intelectuales en general coinciden en el hecho que admite que la presente crisis que se vive y está afectando a toda la economía y los sistemas financieros, sociales y productivos es un signo claro que indica que se está a la puerta de un nuevo ciclo de expansión. A este fenómeno se lo ha denominado la cuarta revolución industrial, la revolución de la industria interconectada o simplemente Industria 4.0.

Este cambio de paradigma dejará a los salarios industriales del siglo XX tan postergados como estuvieron los salarios agrícolas de la primera revolución industrial.

Un nuevo tipo de trabajador, con nuevas habilidades y capaz de resolver los problemas que la industrialización no ha sido capaz de resolver es demandado por la sociedad. Sus empleos aún no tienen nombre, pero si están trabajando artesanalmente dentro de estructuras orgánicas (organigramas) de las revoluciones industriales anteriores y permanece anónimos hasta que salen del esquema de empleo y se lanzan al ecosistema digital para fundar empresas que nacen en el garaje y terminan facturando millones en oficinas de Palo Alto California, expandiendo el modelo de negocios a todo el planeta.

Este tipo de trabajador, que comenzó a ser percibido por autores como Toffler [4] en la década del 80 y que ha sido bautizado como el "information worker" ha ido creciendo día a día y nuevas herramientas, como la aparición del PC (con posterioridad a la publicación de Toffler) o incluso la Internet, han venido a auxiliarlo en la tarea de forjar su futuro y actual puesto de trabajo.

Este perfil de personas ha encontrado una capa permeable de inserción laboral (sea como empleado de tiempo completo o freelance parcialmente vinculado a la empresa). Esto es especialmente cierto en el campo del cambio cultural que demanda la implementación inicial de los sistemas de calidad en la década del 90 y hoy en la utilización de las tecnologías emergentes para los procesos de mejora continua en empresas de producción de bienes pero más enfáticamente en la de servicios (en especial digitales). Los milenials y las generaciones X, Y y Z; y sus redes sociales, sus estilos de gestión y particularmente la predisposición a trabajo conectado 24/24 hs aún no es reflejado por los manuales de procedimiento ni los organigramas clásicos, pero marca la diferencia a la hora de competir.

Pero la pregunta es ¿Qué pasaría si la PC desapareciese del medio? ¿Podría concebirse empresas de bienes y servicios sin estos artefactos rodeando las actividades cotidianas? Otras preguntas que disparan estas cuestiones son las relativas a cómo se podría operar un sistema de gestión (y nos limitamos a decir gestión y no gestión de la calidad) sin el auxilio de toda esta infraestructura.

Se expondrán las respuestas que las mismas tecnologías de información ya proponen y el estilo que cada generación adopta para este cambio.

## 2. HIPÓTESIS: ¿es posible trabajar en la industria sin PC?

Es difícil que hoy los baby boomers, responsables de áreas como gestión, mantenimiento, calidad, planeamiento o seguridad piensen que la idea de eliminar de sus oficinas las computadoras sea real o medianamente creíble. A pesar de ello poco a poco se ha seguido una senda tecnológica



que tiene pistas y hechos que condicen, a pensar que esta idea no es totalmente desacertada. En especial las evidencias aparecen sobre los sectores de las empresas que más expuestas están a las presiones de la innovación y la mejora continua. Sobre todo cuando la que ejerce el clientes y la competencia sobre el sistema productivo. Así por ejemplo la bibliografía de la década de los 80 y 90, en los albores de los sistemas de gestión de la calidad, al hacer referencia al sistema documental que soporta la calidad; se refería a documentos y carpetas en papel. Sobre mediados de los 90 y principio del siglo XXI (sin considerar el cambio que introdujo la versión ISO 9000 versión 2000) hacía evidente que la idea del sistema documental había migrado al concepto de tener un archivos digitales en soporte magnético (un diskette por cada carpeta) y los documentos ya era electrónicos administrados por los servidores de LAN, con procesadores de textos. Hacia finales de esos primeros años de este siglo, poco a poco esos documentos electrónicos pasaron primero a los discos rígidos (intra oficina) y a los pen drive y luego a los servidores lo que les dio un carácter más virtual que físico o de papel.

A partir de 2003 los responsables de este sistema documental se preguntaban si no sería muy arriesgado tener estos datos en un solo edificio (expuesto a incendios, robos y otras contingencias). Es entonces que los sistemas de documentos en discos de servidores locales son extendidos planetariamente con los embriones de la nube gracias a herramientas como dropbox y google drive.

En los últimos años este concepto se ha extendido no sólo a los datos, sino que se ha ampliado a las aplicaciones.

Hoy uno de los procesadores de texto (para el que existe una enorme cantidad de plantillas armadas para la gestión documental del sistema de calidad) ya ni siquiera es un producto vendible en medio óptico o digital. Tampoco que se pueda instalar en forma clásica en la PC. La suite de ofimática de Microsoft ha solucionado el problema de las copias apócrifas y para ello tiene un producto que se alquila y está instalado como app en la nube. Office 365 puede pagarse para uso limitado, por cantidad de accesos al mes o por alquilarse por cantidad de páginas escritas. Como si esto fuese poco ahora todos estos documentos generados por aplicaciones en la nube tiene firma digital y soportan encriptación robusta RSA de 128 o más bits.

Esto es ni más ni menos que un camino sólo de ida hacia la nube y la virtualización. Pero el lector podría argumentar que aún la PC sigue siendo parte central en este problema. Si bien el procesador de texto de la nube puede operar en teléfonos celulares, las generaciones mayores se resisten al cambio más por una cuestión relativa a sus limitaciones en la visión que a una argumentación sostenible a largo plazo.

Pero lo cierto es que antiguos y nuevos actores en la escena de la tecnología ya están tras bambalinas o han asomado a las sombras de los reflectores para ocupar su lugar en la zona central del inminente siguiente acto de la tecnología.

Dentro de los más conocidos la empresa Microsoft, va a adoptar la misma estrategia que ya adoptó con su suite de informática, pero esta vez con su sistema operativo será el que pasará a ser virtualizado. Windows ahora se venderá para máquinas física sino será un producto que corre completo con datos y apps sobre la plataforma Azure. No más máquina ni servidores en la casa o el trabajo y todos sus usuarios accederán desde dispositivos notablemente más “nómades”. La misma empresa ofrece nuevos dispositivos que están a mitad de camino entre una notebook y un teléfono y que tienen un precio mucho más bajo que ambos. Estos dispositivos llamados cloud books son la clave de éxito en el nuevo modelo de negocios.

También Amazon.com, Oracle y Google están comercializando ya sus respectivas plataformas que compiten con Azure [5 - 6] y se llaman Amazon Web Services [7] y Google Cloud Platform más SUN / Oracle Virtual Box ; que están llegando más allá de lo imaginable con virtualización de escritorios, memoria, almacenamiento, red, datos en tiempo real de software, paquetes de software y una pléyade actores con lo que se puede “virtualmente hablando” dar soluciones desde los más simples y pequeños requerimientos a los más grandes y complejos que puedan imaginarse.

Esto permite asegurar que la nube sin PC y con el internet de las cosas (IoT) serán moneda corriente en la nueva revolución industrial en la que es la industria la que se asocia a las tecnología dentro de este nuevo paradigma de Industria 4.0 [8, p. 10-15] y [9, p. 223-257].

Además de ellos existen innumerables alternativas en el mundo de software libre que marcan camino por el que no quedan dudas que la tecnología pretende encauzar el avance.

Un hecho significativo y relevante es que las tres plataformas comerciales dominantes que se mencionaron y todas las de filosofía fuentes abiertas han adoptado a R-Server y su lenguaje R-Cran como alternativa no traumática para esta transición tecnológica.

Sin dudas estos cambios en el contexto van a impactar a todo el sector industrial, pero como cada ciclo de expansión económica ha venido impulsado por una innovación y por una fuente de

energía, se sabe que hoy el éxito o el empobrecimiento de una región económica vendrá dado por que tan bien o tan mal esa región administre su infraestructura crítica y en particular de infraestructura eléctrica. [10] y [11]

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

Como se señaló antes, y afortunadamente para los usuarios promedio hay algo que todas las plataformas de virtualización parecen haber adoptado como standard. El lenguaje R-CRAN y su entorno de trabajo R-Studio han salido en auxilio de ellos. Es posible experimentar en el entorno actual de la tecnología existente una muestra de lo que Industria 4.0 llama entorno holónico de explotación con el uso de productos como R-Server que correo sobre servidores de web como los que actualmente se utilizan valiéndose de tecnologías como Internet as a Services (IaaS) para emular un entorno como el que a futuro explotaremos.

Se ha elegido como herramienta para introducir al lector en este mundo virtual las versiones más actualizadas de este verdadero entorno en la nube a efectos de entender como podrían ser aplicados rápidamente a las empresas del sector energía.

Este “front end” que se presenta es ampliamente sugerido por la CEPAL [12] y ha sido diseñado por ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie France), el BIEE (Programa base de Indicadores de la Eficiencia Energética de la CEPAL-Naciones Unidas) y GTZ (Agencia de Cooperación Alemana). De hecho la base de datos estadísticos de la CEPAL opera sobre esta tecnología en la actualidad.

El proyecto R-Cran tiene su sitio en <http://cran.r-project.org> y tiene dos actualizaciones anuales. Una en Abril y la otra en Noviembre de cada año. La primera garantiza actualizaciones de largo plazo (hasta 3 años) y suele ser más estable que la segunda. Por otro lado las actualizaciones de la segunda mitad del año suelen tener más innovaciones. Para este trabajo se ha utilizado la versión 3.5.2 (beta reléase) compilada por los autores de este artículo.

En el sector 1 de la Fig. 1 puede verse un área de trabajo en la que es posible utilizar comandos aislados. Esta área puede prestar servicios que son semejantes a una simple calculadora con un enorme potencial de funciones estadísticas (en especial aquellas más utilizadas por los sistemas de calidad). Sirve fundamentalmente para solucionar dudas o preguntas sobre la marcha, tomar notas que luego se guardarán en registros (lecturas), es posible tomar datos por Código de Barra, QR, Near Field Proximity, Bluetooth, X10 e incluso LoRA WAN en caso de que el dispositivo tenga ese hardware incorporado. En muchos casos la cámara de un celular es más que suficiente y tecnologías emergentes o a aparecer en el futuro pueden incorporarse por USB por ejemplo.

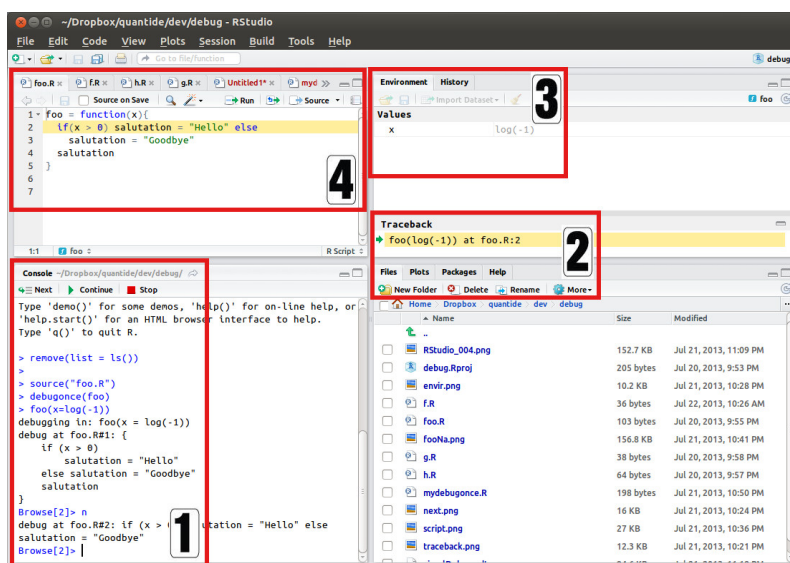


Figura 1 Ejemplo de R-Studio usado en un celular LG desde DropBox. Fuente elaboración propia (captura de pantalla r-studio V 1.1.456 Julio 2018)

El sector 2 es usado fundamentalmente para ver ploteos de gráficos y/o ver ayuda de los comandos, funciones y entorno de trabajo.

El sector 3 por otra parte, es el área en la que se muestran los objetos. Esta plataforma respeta el paradigma de programación de objetos y aun cuando el usuario final no sepa lo que esto es, si es

claro y contundente la filosofía de trabajo adoptada, en especial para programadores que no necesariamente son ingenieros de proceso o industriales. Se destaca una fuerte orientación de la plataforma a operar en forma matricial” cada matriz, base de datos, fuente de datos o bases importadas desde internet, o cualquier dato sobre lo que se operarán aparecerá nombrado en este sector. Bastará seleccionarlo con un click del dedo para que se abra en forma de tabla y podamos explorarlo, hacer búsquedas, corregir valores en forma unitaria, etc. Un objeto especial que maneja la plataforma es el denominado DataFrame o dataframe indistintamente. Para entender este concepto debemos aclarar que en el sentido estricto de la palabra, una matriz, sólo puede tener datos numéricos. Si necesitase trabajar con datos de una hoja de cálculo en la que junto a datos numéricos interesa tener los nombres de la columnas (que están en caracteres alfanuméricos) y eventualmente datos de columnas que podrían ser apellido y nombre, departamento, operario de la máquina, etc.); la estructura de matriz no podría soportarlo. El dataframe es el objeto indicado para este tipo de datos. Una característica de este objeto es que tiene capacidad ilimitada, más precisamente se dice que el objeto dataframe puede ser más grande que la memoria ram que tiene el dispositivo en el que reside. Esto es una clara diferencia respecto a los archivos -xlsx- que adolecen de esta limitación en especial las PC. Este entorno puede sin embargo explotar bases de datos o dataframes de 6 terabyte en teléfonos o tabletas que tienen recursos escasos y muy limitados.

El sector 4 es el área en la que se construye el documento (virtual o físico) que se genera por combinación de los objetos reunidos en el área 1,2 y 3. Estos documentos pueden ser informes en formato PDF, formato de procesador de texto, diapositiva de presentaciones y otros que incluso pueden ser generados en forma automática sin intervención del usuario a intervalos regulares (reportes mensuales, semanales, de turno, etc.).

Veremos ahora una serie de ejemplos de objetos utilizados en los sistemas de calidad que a modo de ejemplo pueden darnos una idea más clara del potencial de esta tecnología.

### **3.1. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO.**

R-Cran no es un lenguaje extremadamente complicado y está más cerca de percibirse como un lenguaje natural que como un lenguaje críptico o alejado del usuario cotidiano. Cualquier persona con habilidades para navegar y utilizar herramientas ofimáticas podría valerse de él. A modo de ejemplo se presente este la construcción de este típico útil de los sistemas de calidad.

El siguiente cuadro 1 muestra cómo es posible desarrollar en unas cuantas líneas de código un diagrama espina de pescado (o de Causa Efecto o de Ishikawa). En la figura 2 aparece el resultado del gráfico que generan estas líneas de programa. El documento generado es un objeto pdf y de tener más texto explicativo sería formateado automáticamente según la plantilla de Journals de la Editorial ELSEVIER. Además el gráfico generado queda también en formato de gráfico vectorial (SVG o DXF) lo que permite en caso de ser necesario plotearlo para cartelería sin que pixele ni pierda calidad la imagen.

También puede apreciarse que se ha invocado la biblioteca qcc (Quality Control Charts) [13] que tiene definidos cientos de procedimientos de cálculo y representación gráfica. Esta biblioteca está certificada bajo la misma norma para la que desarrolla sus procedimientos y algoritmos. En estos casos resulta conveniente señalar que a los efectos de la misma normativa es conveniente operar con software que haya sido certificado bajo la misma norma de calidad sobre la que opera. [14].

```

\documentclass{article-ELSEVIER}

\begin{document}
\ SweaveOpts{concordance=TRUE}

<<>>=
library ("qcc")
@

<<Fishbone_Diagram, echo=TRUE,fig=TRUE>>=
cause.and.effect(cause=list(Personal=c("Entrenamiento", "RRHH
Inadec."),
                             Planificacion=c("Errores", "Permisos",
"Clientes"),
                             Proveedores=c("Retrabajos", "Demoras",
"Materiales"),
                             Clima=c("Viento", "Lluvia", "Temperatura")),
effect="Línea 13.2 KV Down")
@

\end{document}""

```

Cuadro 1 Código de R-CRAN Diagrama Causa - Efecto. Elaboración propia

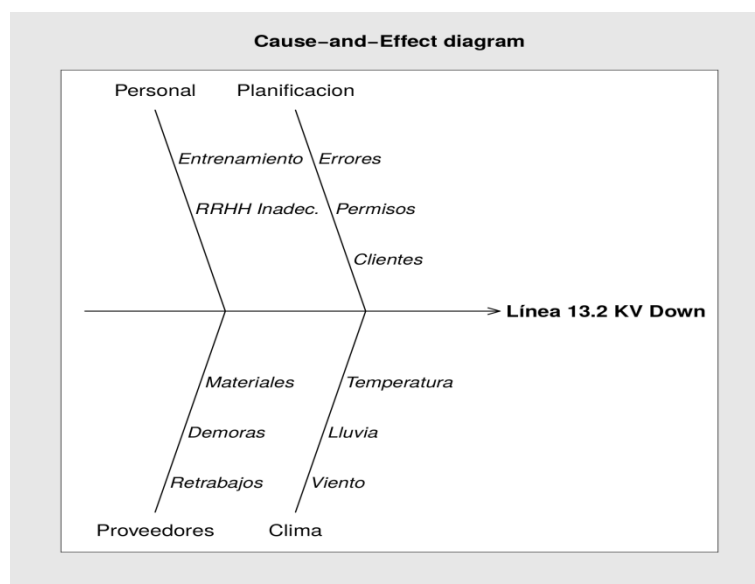


Figura 2 Ejemplo de análisis de Caída Línea 13.2 KV.

### 3.2. ANÁLISIS DE PARETO.

Otro recurso altamente utilizado en la gestión de la calidad es el Análisis de Pareto. [15]. En este caso analizaremos el impacto que el costo unitario de cada causa tiene multiplicado por el número de ocurrencias y ordenaremos de mayor a menor.

```

<<Pareto Línea 13_2KV>>=
b.effect <- "Demora"
b.groups <- c("Personal", "Clima", "Proveedores", "Planificación")
b.causes <- vector(mode = "list", length = length(b.groups))
b.causes[1] <- list(c("Entren.", "RRHH Inad.")
b.causes[2] <- list(c("Lluvia", "Temp.", "Viento")
b.causes[3] <- list(c("Materiales", "Demoras", "Retrabajos")
b.causes[4] <- list(c("Cliente", "Permisos", "Errores")
# Transformamos datos en un dataframe
b.data <- data.frame(cause=factor(unlist(b.causes)),
                    count = c(5,1,3,1,2,18,20,4,15,2,4) ,
                    cost = c(50,150,50,10,20,180,200,10,5,20,150))
# count es el número de veces que la causa lleva #a la salida de
#servicio de la línea de alta tensión durante un años
# cost es el costo asociado de ese tipo de reparación # costos en
#millones de pesos al año

```

Cuadro 2 Código de R-CRAN armado del dataframe b-data.

Con este dataframe armado podemos pasar a la instancia de ploteo del diagrama de Pareto.

```
<<Pareto_A1,echo=TRUE,fig=TRUE>>=
library(qualityTools)
# Ploteo del digrama de barras vacio
pChart <- barplot(rev(sort(b.data$count)),
  names.arg = b.data$cause[order(b.data$count,
  decreasing = TRUE)],
  las = 2, # las es el tipo de línea 2= trazos
  main = "Reseau Electrique de Mendoza",
  ylab="Contribución marginal porcentual" , x
  Lab="_____")
#Agrego las etiquetas de causas y el valor numérico
# de costos unitarios por cantidad de ocurrencias
text(pChart, rep(0.5,11), sort(round(cumsum(100 *
  (b.data$count/sum(b.data$count))
  [order(b.data$count, decreasing = TRUE)]), 1)))
@
```

Cuadro 3 Código de R-CRAN Grafico preliminar de Pareto con el dataframe. La cláusula “main permite customizar los títulos

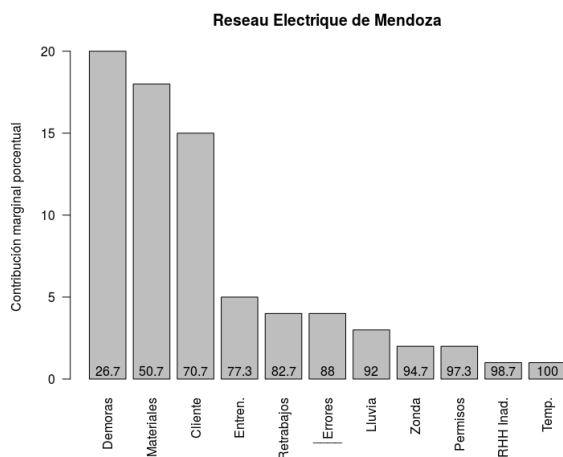


Figura 3 Análisis de Pareto Gráfico Preliminar.

Finalización de gráfico de Pareto con el nivel de disparo a l 80 % de monto que corresponde al 20 % de las causas.

```
<<Paretoa_B1,echo=TRUE,fig=TRUE>>=
library(qcc)
b.vector <- b.data$count
names(b.vector) <- b.data$cause
pareto.chart(b.vector, cumperc = c(80) ,
  main="Contribución Acumulada" ,
  ylab="Frecuencia",
  ylab2="%%$ Nivel Gatillo Pareto" )
@
```

Cuadro 4 Código de R-CRAN Gráfico Pareto Terminado.

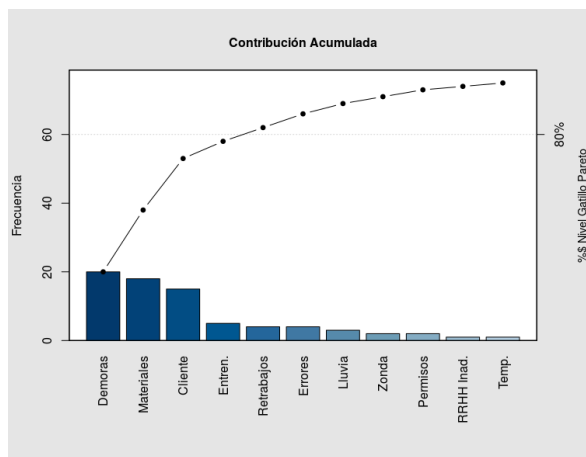


Figura 4 ABC Pareto Acumulado Resultado Final del código utilizado

### 3.3. CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO.

Luego de la reunión del comité de revisión de la norma ISO 21747 en Diciembre 2016, quedó claramente establecido que además de establecer los límites superiores e inferiores (abreviados según la norma como USL, LSL por Upper and Lower Specification Level) que señalan los límites que determinan si el proceso está bajo control o no, es importante determinar además la capacidad de medición del sistema, Se ha denominado "Process Capability" o capacidad de procesamiento del sistema a esta medición. Este Índice señala que parte del rango de tolerancia puede ser atribuida a causas de variación común dentro de ese proceso compatibles con la aleatoriedad. Usando la técnica que propone la norma es posible establecer qué porcentaje o cantidad esperable, si se conoce el tamaño de la población de la que proviene la muestra, de elementos de una muestra pueden quedar fuera del rango USL LSL. Es especialmente útil cuando se sabe que proporción del total de los eventos son muestreados y cuantos son solo aproximadamente estimados por medios aproximados o empíricos.

También es posible si el nivel de confianza es superior al 93,7 % establecer esa significancia en términos de costos (costos de la no calidad).

Hasta donde se ha podido investigar R-Cran con la biblioteca qualityTools es la única herramienta que en la actualidad cumple con certificación de calidad de software para el cálculo de este parámetro.

A efectos de demostración y con una muestra demasiado pequeña (200 muestras basadas en encuestas) se ha probado esta herramienta con los datos de error que la empresa Ecogas cometería al realizar mediciones estimadas del consumo de gas sin registrar efectivamente la lectura del medidor de consumidor domiciliario. Esta encuesta ha sido limitada a profesores y alumnos con consumos domiciliarios de nuestro ámbito cercano.

La norma citada establece que el rango denominado Cp total puede calcularse con:

$$c_p = \frac{USL - SLS}{Q_{0.99865} - Q_{0.00135}} \quad 1$$

Donde Cp es el rango de variabilidad aceptable USL y SLS son los límites superiores e inferiores respectivamente encontrados en la muestra y Q representa las colas, o área bajo la curva de la campana de Gauss para los cuantiles que salen fuera de seis sigmas o seis veces la varianza.

Luego la norma establece que los Cpk o rangos críticos aplicados a los límites superiores e inferiores serían:

$$c_{pkL} = \frac{Q_{0.5} - SLS}{Q_{0.5} - Q_{0.00135}} \quad 2 \quad \text{y} \quad c_{pkU} = \frac{USL - Q_{0.5}}{Q_{0.99865} - Q_{0.5}} \quad 3$$

*Ecuaciones 2 y 3 Rangos Críticos Inferior y Superior de Control*

Si la muestra de los 200 entrevistados cumple con los criterios de normalidad e independencia podríamos suponer que los rangos Superiores e Inferiores CpkL y CpkU son simétricos entonces podríamos despejar de 2 y 3 USL y SLS.

En este caso particular se realizó una prueba de Wilcoxon para verificar normalidad y simetría de la muestra. Ello garantiza que trabajar el proceso de dos colas como si fuesen independientes una de otra permite usar el cuantil Q del 50 %.

Con estos datos procedemos a realizar el cálculo.

```
<<ecogas_error,echo=TRUE,fig=TRUE>>=
library(qualityTools)
data("encuesta_ecogas.csv")
cp(x = energas$Error, lsl = 2.9598, usl = 9.02, target = 06.0, main=
"Error en lectura estimada ECOGAS")

@
```



Cuadro 5 Código de R-CRAN Gráfico Control de Proceso.

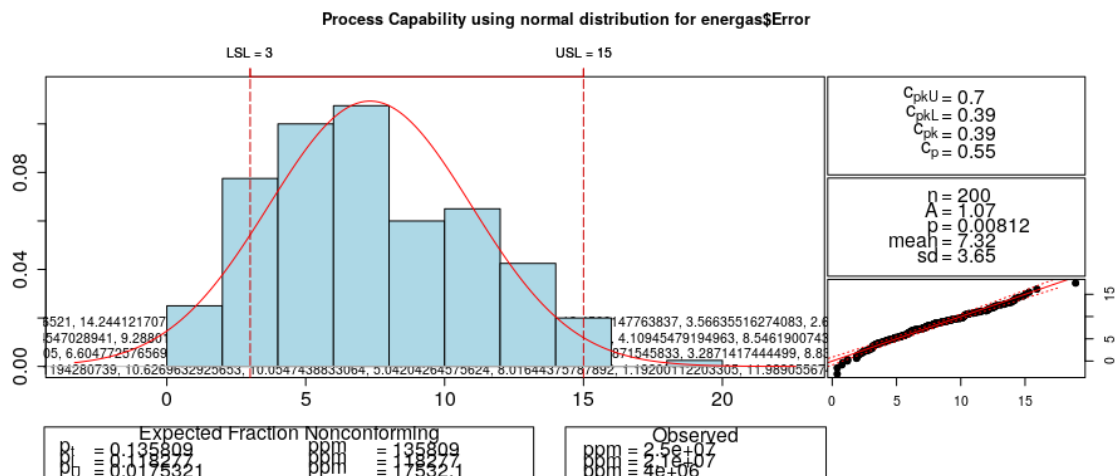


Figura 5 Gráfico de Capacidad de Procesamiento  
Fuente: elaboración propia

Puede observarse en las abscisas de la campana de la distribución no muestra valores negativos (facturación a favor del cliente) y por el contrario hay un error sistemático en más del orden del 5,5% a favor de la empresa proveedora. Los valores calculados para los límites de aceptabilidad han sido obtenidos de las ecuaciones 2 y 3 y en base a los datos de la muestra. Como es de esperar el índice de capacidad de procesamiento no tiende a valor unitario, sino a cero lo que demuestra que el proceso no está bajo control. La gráfica de cuantil vs cuantil de la parte inferior derecha de la figura 5 refleja una línea casi recta lo que indica que el modelo está “estadísticamente” ajustado y sólo se observa una lectura con error del orden del 20%.

#### 4. CONCLUSIONES.

Si bien el horizonte de pérdida de la PC del entorno de trabajo parece aún muy lejano, la mayor parte de los ingenieros jóvenes, y estudiantes, están usando el teléfono celular como herramienta para sus actividades nómades del día a día. La posibilidad de explorar con las herramientas del escenario informático actual como será el futuro es una alternativa interesante que permite anticiparse al cambio y realizar la transición tecnológica más ordenadamente.

La hipótesis planteada sobre la posibilidad de gestionar un sistema bajo normas y estándares sin en uso de PC queda demostrada con los casos expuestos y dejan ver la necesidad de avanzar hacia lenguajes de comunicación que se van apartando de los iconos y entornos gráficos, para pasar a lenguajes naturales que pronto serán invocados por la voz del usuario y no por el teclado.

Los ejemplos expuestos basados en las perspectivas y problemas del paradigma de calidad y mejora continua usados en empresas del sector energía también son un punto de partida que debería ser explorado, al menos antes de que exploten los Dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) y en especial de Dispositivos de Internet de las Cosas Industriales (IIoT). Según predicciones confiables para el año 2020 habrá más cosas que personas conectadas a la internet y el 72% de ellas consumirán energía eléctrica.

R-Studio ha sido concebida como una herramienta operacional, pero tiene un enorme potencial en el terreno de educación. Esta herramienta está siendo muy utilizada en las PyME, en especial del sector manufactura, mantenimiento y metalmecánico en empresas con medio y alto grado de uso de la manufactura conectada o Industria 4.0. En nuestro entorno de producción aún es muy, pero muy muy poco conocida.

La posibilidad de utilizar esta plataforma que nos otorga movilidad no es despreciable. Si el sector de aplicación en el que se piensa implementar tiene actividad intermitente y con desplazamientos territoriales importantes (tal como el mantenimiento de líneas) difícilmente podamos encontrar un producto que nos brinde tantos beneficios como este. Ninguno de los otros rivales en el terreno de software libre o propietario mantiene un costo tan bajo como este. Sus competidores tampoco pueden demostrar la trazabilidad de los procedimientos según calidad de software que ISO 9000 y familias de normas conexas demandan a las herramientas de este tipo.

Se ha mostrado un ejemplo de cómo podría ser en el futuro la actividad del sistema de calidad, en especial en empresas del sector energético que gracias a “internet de las cosas” tendrán más datos de los que hoy es posible manejar o imaginar.

Respecto a los desarrollos futuros el Instituto de Ingeniería Industrial de la UNCuyo se halla en proceso de desarrollo de un complemento para el diagrama de causa-efecto que emplea la metodología DEMATEL que es ampliamente utilizado en las empresas del sector energía. Este prototipo es completamente operado por el micrófono y no requiere teclado ni pantalla táctil.

Se dejan las referencias bibliográficas y se espera contacto con los lectores para discusión posterior y se invita a grupos que puedan repetir el experimento de control de lectura de medición de gas a contactarnos para realizar actividades conjuntas y futuras publicaciones.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] Kuhn T. S. , 1989, *Qué son las revoluciones científicas y otros ensayos*. Editorial Paidós.
- [2] Kondratieff N. D., 1979, «The Long Waves in Economic Life», *Rev. Fernand Braudel Cent.*, vol. 2, n.º 4, pp. 519-562,.
- [3] Rosenlyst M., Siboni H., y Rasmussen S., 2018, «Socio-technical evolution», en *Artificial Life Conference Proceedings*, pp. 99–100.
- [4] Tofler A., 1980 «The third wave», *William Morrow N. Y.*
- [5] Suárez A. D., Parra O. J. S., y Forero J. H. D., 2018 , «Design of an Elevator Monitoring Application using Internet of Things», *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, n.º 6, pp. 4195–4202.
- [6] Murthy S., Figueroa A., y Rollo S., 2018, «Toward a large-scale open learning system for data management», en *Proceedings of the Fifth Annual ACM Conference on Learning at Scale*, p. 16.
- [7] Kotas C., Naughton T., y Imam N., 2018, «A comparison of Amazon Web Services and Microsoft Azure cloud platforms for high performance computing», en *Consumer Electronics (ICCE), 2018 IEEE International Conference* , pp. 1–4.
- [8] Buer S.-V., Strandhagen J. O., y Chan F. T., 2018, «The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda», *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, n.º 8, pp. 2924–2940.
- [9] Yao Xu., 2018, «Industry 4.0 in Logistics», <https://webthesis.biblio.polito.it/7078/1/tesi.pdf>. [Accedido 10/10/2018]
- [10] Palma R. Tapia H. Phillpott O., y Arellano D., 2016 «TECNOLOGÍAS SMART GRID PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA DE SAN LUIS». Revista de la Facultad de Ciencias Economicas Politicas e Ingeniería de la Universidad Nacional de San Luis (Villa Mercedes).
- [11] Palma R. R. y Tomazzeli G.,2014, «El caso de las emisiones de gases de efecto invernadero en la cadena de suministros para “Smart Agrifood” El Álgebra matricial como herramienta», *Sem. Ing. SEPROSUL*, vol. 3, n.º 4.
- [12] Autores varios (constructo colectivo/colaborativo) 2018, «Programa BIEE | Base de indicadores de Eficiencia Energética | CEPAL / ADEME / GTZ». [En línea]. Disponible en: <https://www.cepal.org/dnri/biee/>. [Accedido: 06-ago-2018].
- [13] Scrucca L., 2004 «qcc: an R package for quality control charting and statistical process control», *Dim Pist.*, vol. 1, n.º 200, p. 3.
- [14] Ohri A., 2012, *R for business analytics*. Springer Science & Business Media,.
- [15] Pareto V., 1962 *Lettere a Maffeo Pantaleoni, 1890-1923*, vol. 2. Ed. di storia e letteratura, .



# ESTUDIO DE MOVILIDAD DE LOS ACTORES DE LA UNLZ

Pennella, Carla Natalia\*; Serra, Diego Gastón; Rodríguez, Leandro Sebastián;  
Carnuccio, Julieta Abril; Cruz Villegas, Liz Karen

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.  
RUTA 4 (ex-Camino de cintura) – KM. 2  
Lomas de Zamora, Buenos Aires (1832). carla.pennella@hotmail.com*

## RESUMEN

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora, primera Universidad ubicada en zona estratégica en la región del conurbano sur bonaerense, actualmente cuenta con una comunidad universitaria de más de 45.000 personas repartidas en sus diferentes unidades académicas: Facultad de Ciencias Agrarias, Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, Derecho e Ingeniería. Todas ellas se encuentran ubicadas en el cruce de Camino de Cintura y Juan XXIII.

En el presente trabajo proponemos estudiar los medios de acceso y recorrido de los estudiantes universitarios: de dónde vienen, hacia dónde van, qué medios y caminos utilizan, cuánto tiempo demoran en el trayecto, para así proponer mejoras en el acceso y movilidad de los actores involucrados.

En una primera línea de investigación se relevaron los datos anteriormente mencionados y se efectuó un análisis descriptivo de las distintas variables. El objetivo de esta nueva etapa en la investigación estudiar los comportamientos de viajes y analizarlos teniendo en cuenta la generación de viajes, distribución, selección modal y selección de ruta, para lograr de esta manera realizar sugerencias destinadas a resolver las dificultades asociadas al acceso y movilidad de los estudiantes de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, proponiendo un Plan de Acción para abordar las principales problemáticas aparejadas.

**Palabras Claves:** Transporte, Movilidad, UNLZ, OD

## ABSTRACT

The National University of Lomas de Zamora, the first university located in a strategic area in the southern Buenos Aires region, currently has a university community of more than 45,000 people spread across its different academic units: Faculty of Agricultural Sciences, Economic Sciences, Social Sciences, Law and Engineering. All of them are located at the junction of Camino de Cintura and Juan XXIII.

In the present work we propose to study the means of access and travel of university students: where they come from, where they are going, what means and routes they use, how long they take on the journey, in order to propose improvements in access and mobility of the actors involved.

In a first line of research, the aforementioned data were surveyed and a descriptive analysis of the different variables was carried out. The objective of this new stage in the research is to study travel behaviors and analyze them taking into account the generation of travel, distribution, modal selection and route selection, in order to achieve suggestions aimed at solving the difficulties associated with access and mobility of the students of the National University of Lomas de Zamora, proposing an Action Plan to address the main problems involved.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora es la primera Universidad radicada en el conurbano bonaerense. Gracias a su ubicación estratégica se convirtió en una potente promotora de la movilidad social en la región, facilitando el acceso a estudios universitarios a familias de clases media/baja, provenientes de una cultura “no universitaria”. Más allá de los factores que la caracterizan desde sus comienzos, cabe destacar el crecimiento exponencial que ha asumido en los últimos años, llegando a contar actualmente con más de 40.000 alumnos y ubicándose entre las 10 universidades más grandes del país.

A raíz de esta situación y emparejado con el grado de crecimiento de la Universidad nace la problemática de la movilidad de los actores involucrados, fundamentalmente los alumnos de las distintas unidades académicas.

En una primera línea de investigación desarrollada el año anterior, mediante encuestas ejecutadas en las distintas facultades se relevaron los siguientes datos, necesarios para el análisis:

Facultad; Turno; Carrera; Edad; Domicilio; Domicilio laboral (si corresponde); Modo en que se transportan para llegar a la facultad; Tiempo de viaje de ida; Origen del viaje; Modo en que se transportan para volver de la facultad; Tiempo de viaje de vuelta; Destino de vuelta.

En base a dichos datos se realizó un análisis descriptivo con el objetivo de establecer las características de la población estudiada.

Con los datos obtenidos y analizados previamente, se procede en la presente investigación realizar un análisis más profundo, en el cual se evaluará las relaciones entre destino-origen cuyo resultado explicara la densidad de las rutas utilizadas por los alumnos.

Para esta segunda etapa, los destinos y orígenes fueron nuevamente clasificados por barrios, ya que anteriormente estaban expresados por Localidad.

El objetivo de esta nueva instancia es poder observar claramente aquellos flujos con mayor densidad y poder dar una respuesta a la problemática que presentan los alumnos para llegar desde sus respectivos orígenes hasta llegar a sus destinos finales.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Marco Teórico

La movilidad diaria de los actores de la sociedad es un caso de estudio que con el tiempo se fue potenciando, debido al incremento de la población a nivel mundial. En muchas ciudades del mundo se fueron desarrollando diferentes metodologías para estudiar dicha problemática con el objetivo de optimizar los flujos de tránsito, a través de la recolección de datos de la situación actual de pasajeros, orígenes/destinos y vehículos y de la modelización del mismo mediante diferentes métodos. [1]

Los modelos de transporte son herramientas de vital importancia para la planificación del mismo, permitiendo conocer el estado actual de la red vial para optimizar el tránsito según la zona de estudios y tomar decisiones basadas en la asignación de los recursos a las distintas áreas. [2]

Así mismo, según Ortúzar y Willumsen “los modelos de transporte y toma de decisiones se pueden combinar en diferentes formas dependiendo de la experiencia local, las tradiciones y la experiencia” [3]

Muchos modelos tradicionales utilizados en las redes de tráfico asumen flujos en estado estacionario o tratan de modelar el comportamiento en estado estable de flujo de tráfico en períodos de tiempo determinados [4] [5]. Estos modelos son útiles para ciertos fines, sin embargo, los problemas de tráfico reales son dinámicos con el tiempo. Por lo tanto, para resolver la mayoría de las situaciones, se requiere del conocimiento de la evolución temporal del flujo de tránsito. Consecuentemente, es conveniente utilizar modelos dinámicos para reproducir el comportamiento del flujo real, lo cual nos permite predecir cómo evolucionan los tiempos de viaje entre los diferentes destinos/orígenes, los niveles de congestión, o velocidades medias con el tiempo, dando paso a la toma de decisiones importantes para contrarrestar y prevenir los inconvenientes habituales [6] [7] [8]. Para efectuar dicha investigación se tiene acceso a la experiencia de modelos y datos empíricos implementados en varias ciudades del mundo y a las fundamentaciones y teorías de respaldo. [9] [10] [11]

En la actualidad se utilizan distintos softwares para la modelización del transporte y georreferenciación. En la presente investigación se cuenta con el software ArcGIS, sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, con su aplicación ArcMap. ArcMap es una aplicación central utilizada en ArcGIS, es el lugar donde visualiza y explora las bases de datos GIS del área de estudio, donde se asignan símbolos y donde se crea los diseños de los mapas para imprimir o publicar. Es la aplicación que se utiliza para crear y editar base de datos. ArcMap representa la información geográfica como una

colección de capas y otros elementos en un mapa, agrupa cientos de herramientas para realizar análisis espaciales. Estas herramientas permiten convertir datos en información y automatizar muchas de las tareas de GIS. [12] [13]

## 2.2. Recolección de Datos

Para la recolección de datos ejecutada en la primera línea de investigación el año pasado se desarrolló una encuesta a completar de manera cualitativa y cuantitativa en las distintas unidades académicas, la cual contó con las siguientes referencias:

- Facultad – Turno – Carrera – Edad – Domicilio – Localidad - Domicilio laboral (si corresponde) - Localidad laboral - Modo de transporte hacia la facultad - Tiempo de viaje de ida - Origen del viaje  
Modo en que se transportan para volver de la facultad - Tiempo de viaje de vuelta - Destino de vuelta

Las encuestas se ejecutaron con apoyo de la Secretaría de Asuntos Estudiantiles de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, la cual dio llegada a las mismas en las distintas unidades: Facultad de Ingeniería, Facultad de Sociales, Facultad de Derechos, Facultad de Economía y Facultad de Cs. Agrarias.

## 2.3. Sectorización

Para esta nueva etapa de estudio, se incorporó nuevas encuestas más allá de las analizadas en Ingeniería en la primera línea de trabajo. Anteriormente predominaban los turnos de la tarde/noche y no se podía apreciar la gama de horarios que maneja universidad en sí.

En total se tomó una muestra de 500 personas de las distintas unidades académicas, distintos turnos y rangos etarios.

Para poder ejecutar el análisis es necesario transformar los datos obtenidos de las encuestas en cuanto destino y origen por dirección, a barrios/localidad, para simplificar el estudio y hacerlo más representativo. Por lo tanto, para el procesamiento de los datos, en primera instancia se codificó las direcciones por barrios mediante la herramienta wiki-map y el google maps. Luego se dividió a base de datos en dos matrices, una de ida para la Universidad y otra para la vuelta. Seguidamente, continuamos con la elaboración de tablas dinámicas para cada matriz, la cual refleja la densidad de cada barrio.

## 2.4. Análisis de las variables

En el presente apartado se expone el resultado del estudio del cruzamiento de las distintas variables y su relación. Se tiene en cuenta para este análisis dos escenarios: IDA y VUELTA.

La IDA corresponde: el Origen de donde parte la muestra entrevistada hacia su Destino (la UNLZ).

La VUELTA hace referencia desde la UNLZ como Origen hacia el lugar de Destino de cada entrevistado. Para el análisis de los datos se utilizaron Tablas Dinámicas del Excel.

### 2.4.1 Origen-Destino (OD)

Como se describió anteriormente, las localizaciones obtenidas se agruparon en barrios/ciudades para un mejor manejo y análisis de los datos.

En primera instancia, si analizamos las variables OD, tanto de la IDA como la VUELTA observamos un mayor flujo desde los lugares aledaños al campus de la UNLZ:

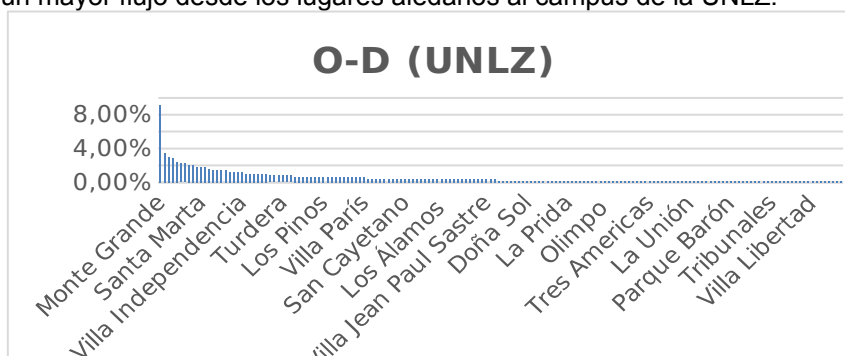


Gráfico 1: *Elaboración propia*

De la muestra tomada se obtuvo que un 30% de los entrevistados trabajan, a pesar de ello sólo un 9% se dirige directamente del trabajo a la universidad. Tal como se observa en el Gráfico 1, las zonas de mayor proveniencia de los alumnos son: Monte Grande (9,18%), Luis Guillón (3,47%),

Banfield (3,06%), Lomas de Zamora (2,86%), Burzaco (2,24%), Adrogué (2,04%), Lavallol (1,84%) y Ezeiza (1,63%). Cerca del 60% de los actores provienen de los partidos de Esteban Echeverría, Lomas de Zamora y Almirante Brown. En el caso de Capital Federal la porción de alumnos corresponde sólo un 0,41%.

Para el caso de la vuelta, al analizar el OD se obtiene una situación similar:

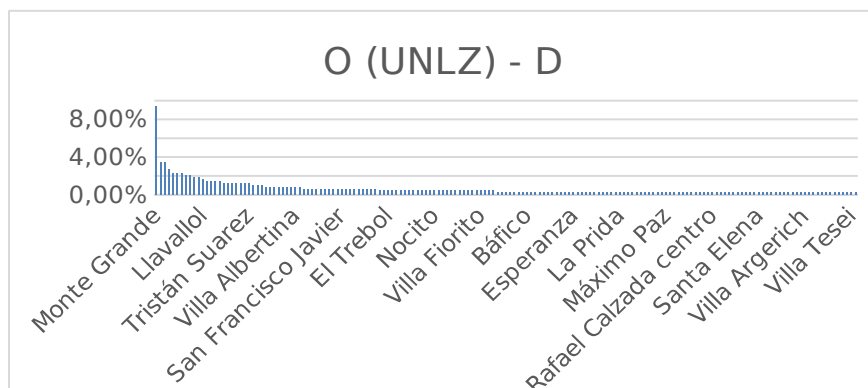


Gráfico 2: *Elaboración propia*

Tal como sucede en el análisis de la IDA las zonas aledañas al predio de la universidad acumulan cerca del 60% del alumnado.

### 2.4.2 Modo de Viaje

Una vez analizado el OD se introduce una nueva variable: el Modo de Viaje.

Observando los modos de viaje más representativo tanto para la IDA como para la VUELTA se obtienen los siguientes resultados:

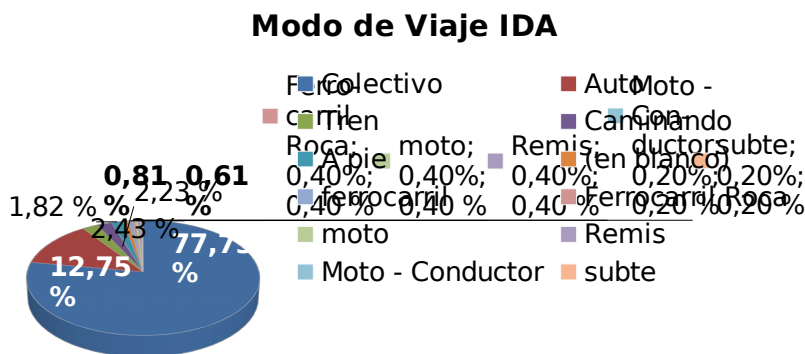


Gráfico 3: *Elaboración propia*



Gráfico 4: *Elaboración propia*

En forma general se observa una gran predominancia del Colectivo como medio de transporte por excelencia, tanto para la IDA como para la VUELTA, alrededor del 80% de la muestra utiliza el Colectivo como modo de viaje. Seguido a ello, en proporciones menores se encuentra el Automóvil (12% aproximadamente) y por último el tren en un 3%.

El motivo de la elección se basa en que en las cercanías del predio sólo se encuentra cerca un ramal de tren Temperley - Haedo cuya parada más cercana es debajo del puente de Juan XXIII, desde allí hacia el campus hay 3km de distancia por descampado alrededor de la avenida, lo cual

no es recomendable transitar. Por otro lado se encuentran cerca de 10 líneas de colectivos que llegan hasta la puerta del predio, ya sea por los ingresos de la Avenida Juan XXIII como por Ruta 4, lo cual hace a los colectivos la opción más conveniente en la actualidad para aquellos que no cuentan con automóvil.

Si realizamos una relación entre los Orígenes y Destinos más influyentes en el flujo de movimiento de la UNLZ obtenemos los siguientes resultados:

- **IDA:**

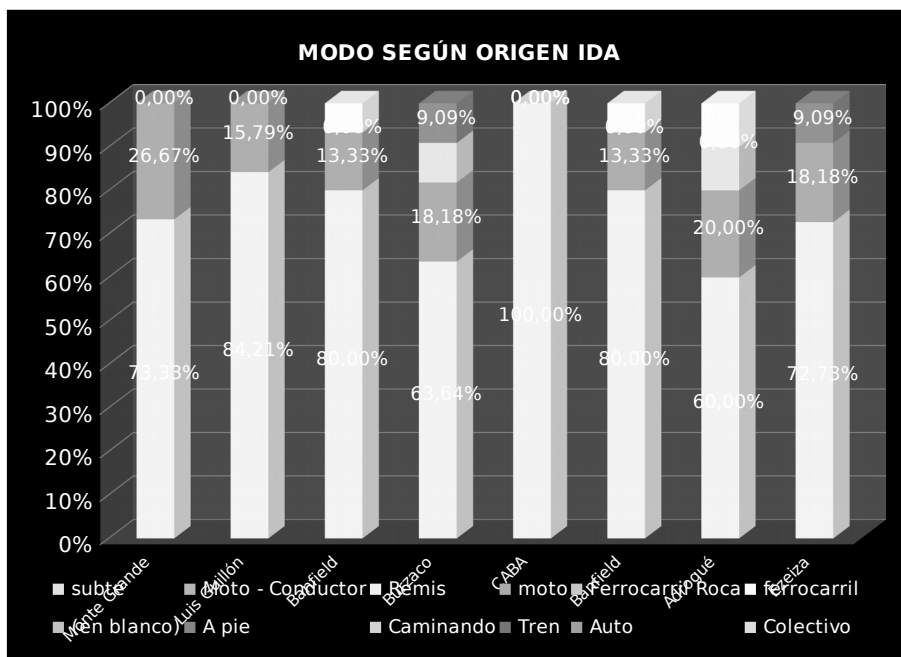


Gráfico 5: *Elaboración propia*

A través de los anteriores gráficos se evidencia que desde las ciudades donde parte la mayor porción de la población, en las cercanías del campus, se conserva el mismo fenómeno, el modo de transporte seleccionado es el Colectivo (con cerca de un 80% en promedio), seguido del Auto.

- **VUELTA:**

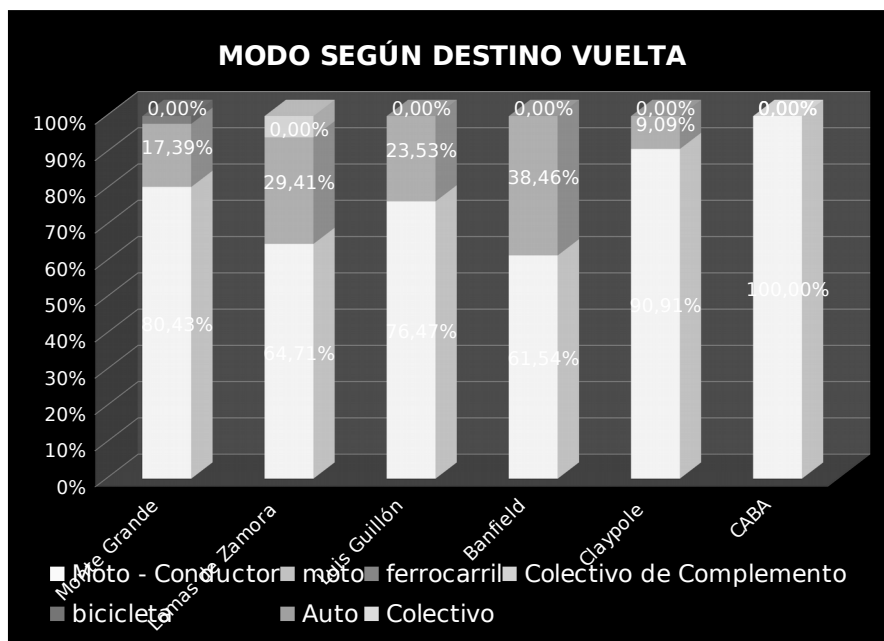


Gráfico 6: *Elaboración propia*

Realizando el mismo análisis para la vuelta los resultados son similares: los destinos predominantes son las ciudades y barrios de las zonas aledañas a la universidad y el modo de transporte más utilizado es el colectivo seguido del automóvil.

**2.4.3 Tiempo de Viaje**

A modo de simplificar el análisis y la visualización del fenómeno en distintos gráficos, para incorporar el estudio de tiempo de viaje tomaremos sólo las zonas más representativas, ya sea por la cercanía o cantidad de estudiantes provenientes de allí.

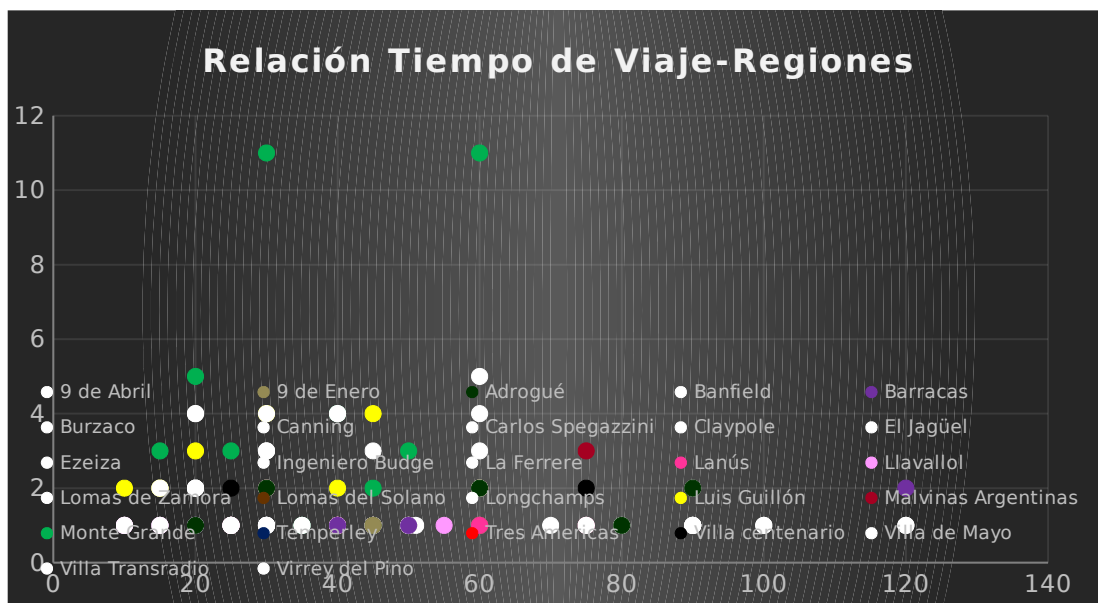


Gráfico 7: *Elaboración propia*

Como se observa en el gráfico 7 de dispersión se acumula mayor repetitividad entre 20 y 60 min, provenientes de las zonas de 9 de Abril, Lomas de Zamora, Claypole, Monte Grande, Villa de Mayo, Lanús, Luis Guillón, Canning y Ezeiza. A esto se debe agregar que son regiones donde el 80% de la masa estudiantil se moviliza mediante colectivos.

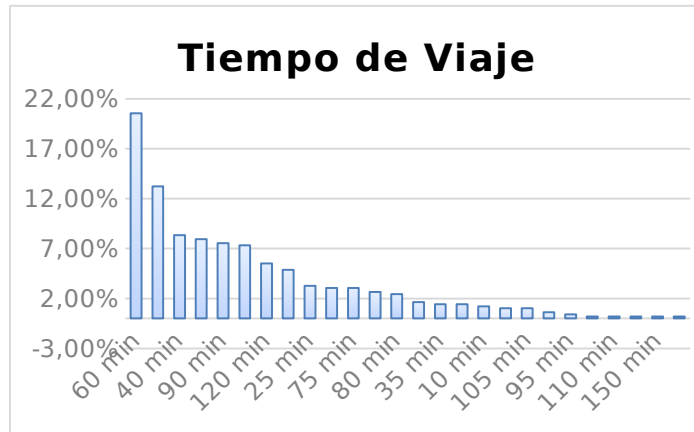


Gráfico 8: *Elaboración propia*

Si analizamos la variable de tiempo de forma absoluta se obtiene un fenómeno similar que el estudio relativo del mismo. Los mayores porcentajes de estudiantes tardan en movilizarse entre 20 y 90 min desde/hacia el predio de la Universidad.

## 2.5. Georreferenciación

Mediante la aplicación ArcMap se realizaron los siguientes mapas para visualizar por un lado la densidad de población desde donde se dirigen los actores a la UNLZ, por el otro se vincularon los distintos lugares con el tiempo de viaje asignado. [14]

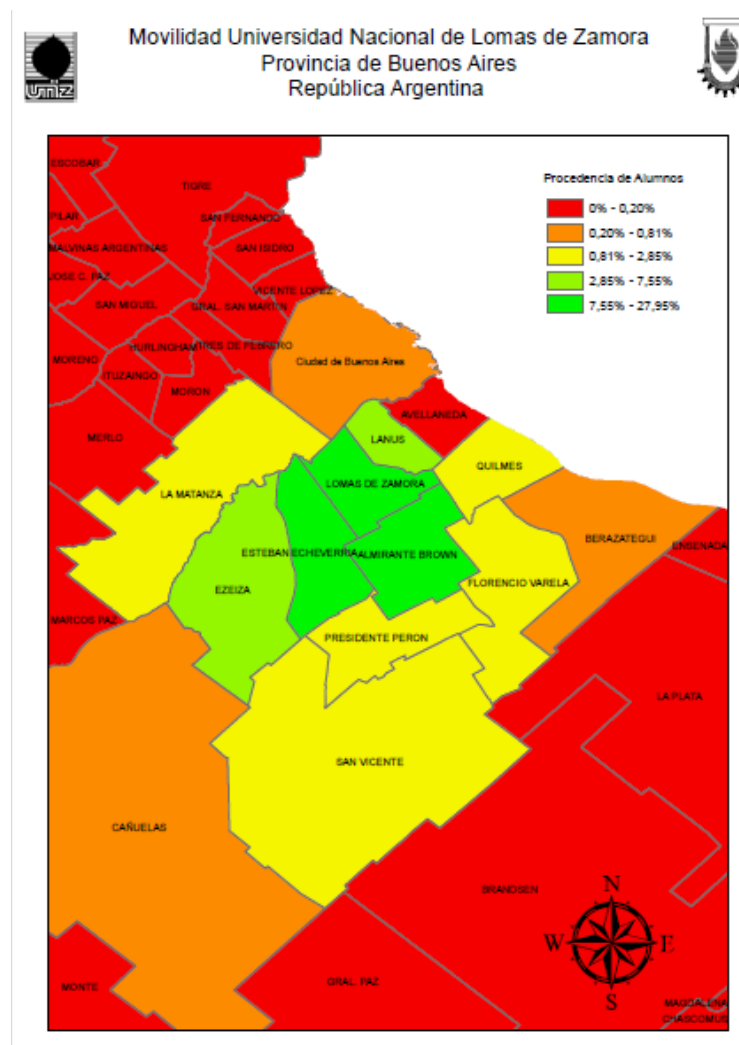


Figura 1: *Elaboración propia sobre la base de ArcMap*

Tal como se observa en la figura 1y en concordancia con lo desarrollado en apartados anteriores, la mayor porción de los estudiantes de la Universidad de Lomas de Zamora provienen de las

zonas aledañas, regiones de influencia de la UNLZ. Alrededor del 34% del alumnado pertenece a los partidos de Esteban Echeverría, Lomas de Zamora, Lanús, Ezeiza y Almirante Brown.

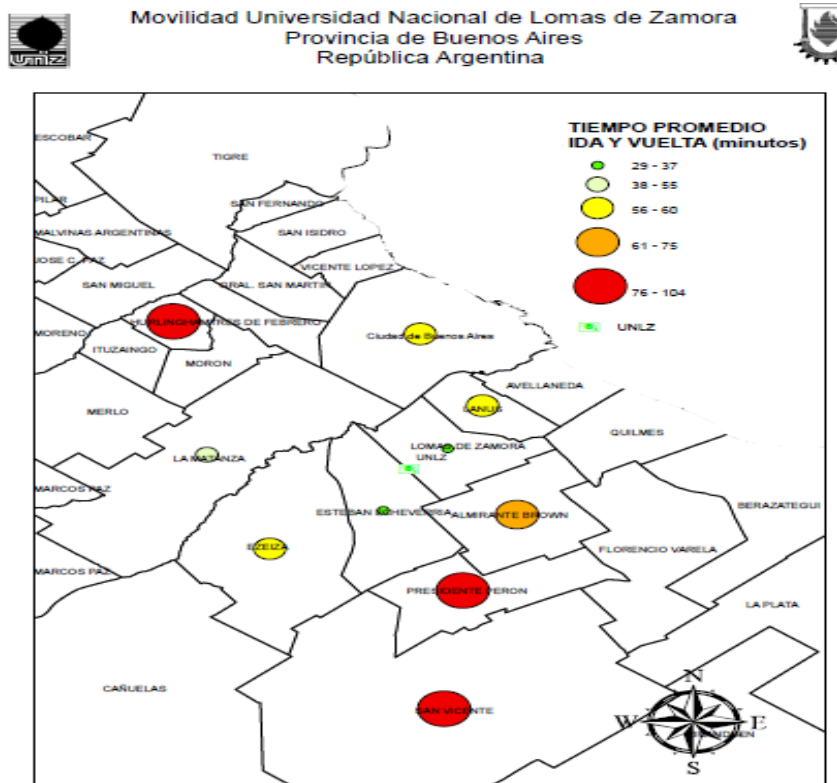



Figura 2: Elaboración propia sobre la base de ArcMap

En la figura 2 se aprecia la relación entre los distintos partidos y el tiempo de viaje hacia/desde la UNLZ. Si bien se estimaría que de las zonas aledañas deberían tener un tiempo de traslado de 15 a 20 minutos, en la aplicación se observa que el tiempo promedio es de 40 minutos de viaje desde/hacia las cercanías. Esta situación se explica ya que como se demostró en análisis anteriores cerca del 80% de la masa estudiantil utiliza los colectivos como modo principal de viaje, los cuales en promedio tardan más que el acceso en auto. Si observamos el segundo anillo amarillo, las localidades de Ezeiza, Lanús y Capital Federal cuentan con un tiempo promedio de viaje de 60 minutos. Este tiempo es posible solo si se acercan en auto, ya que no se cuenta desde esas zonas con un transporte público directo, salvo Ezeiza con una sola línea de colectivo, para lo cual quienes lo seleccionan deben hacer combinación de modos de viaje aumentando el tiempo de puerta a puerta.

En las siguientes figuras, a través de la aplicación Omnilineas y Google Maps, se pueden observar los flujos de las principales líneas de colectivos que se dirigen al campus de la UNLZ desde/hacia la región de influencia de la misma:

**Referencia:**  = Campus de la UNLZ

**Línea 165 Monte Grande/Lomas de Zamora/Pompeya – UNLZ:**



Figura 3: Recorrido línea 165 - Elaboración propia sobre la base de Omnilineas

**Línea 501 Monte Grande – UNLZ:**

**Línea 306 Ezeiza/Monte Grande – UNLZ:**





Figura 4 y 5: Recorrido línea 501 y Recorrido línea 306 - Elaboración propia sobre la base de Google Maps y Omnilineas

**Línea 406 Almirante Brown – UNLZ:**

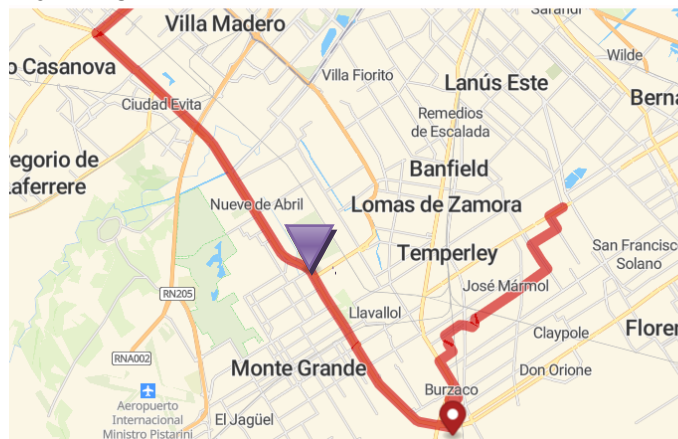


Figura 6: Recorrido línea 406 - Elaboración propia sobre la base de Omnilineas

**Línea 188 y 20 CABA/Lomas de Zamora– UNLZ:**

Su recorrido parte de la zona de Palermo y tres de sus ramales tienen como destino el campus de la UNLZ:

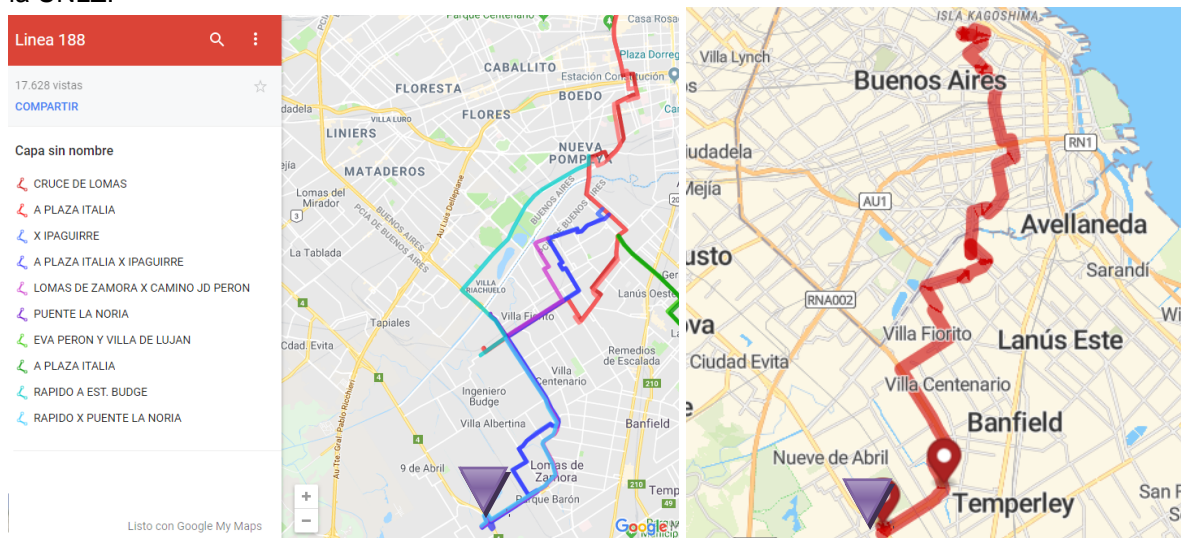


Figura 7 y 8: Recorrido línea 188 y Recorrido línea 20 - Elaboración propia sobre la base de Google Maps

**Línea 277, 421 y 543 Lomas de Zamora – UNLZ:**



Figura 9 y 10: Recorrido línea 277 y Recorrido línea 421 - Elaboración propia sobre la base de Omnilineas

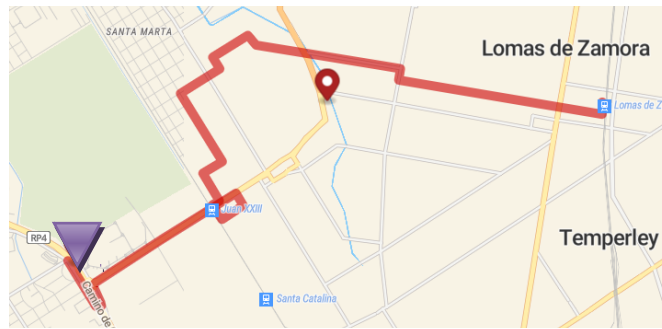


Figura 11: Recorrido línea 543 - Elaboración propia sobre la base de Omnilineas

Mediante los distintos mapas anteriormente presentados se evidencian las principales líneas de colectivos que llegan al campus de la UNLZ.

Como se puede ver mediante los mismos muchas líneas atraviesan varias ciudades, incluso partiendo desde Capital Federal.

En las zonas de Monte Grande y Lomas de Zamora se agrupan la mayor cantidad de colectivos que llegan al campus, sin embargo cada uno de ellos en sus distintos ramales llegan a zonas más alejadas como por ejemplo Transradio, Lanús, Capital Federal, Almirante Brown, Pompeya y Avellaneda, entre otros.

Esto es un indicio del conflicto que se genera en los ingresos del campus de la universidad, tanto desde la Avenida Juan XXIII como de Ruta 4. Sumado a situaciones de inseguridad en la zona, sobre todo de noche, al encontrarse en las inmediaciones de una avenida y ruta con descampado en su alrededor.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Partiendo de los resultados obtenidos en la primera investigación desarrollada el año anterior:

- La UNLZ como promotor principal del desarrollo de la región
- Casi el 70% de los alumnos se encuentran empleados en las zonas más cercanas al campus.
- Más del 80% originan el viaje en sus casas, de dicho porcentaje el 80% pertenecen a Lomas de Zamora, Esteban Echeverría y Almirante Brown (partidos linderos a la UNLZ).
- El tiempo relativo de viaje es para el 35% del alumnado entre 15-30 minutos, y para el 37% entre 30-60 minutos.
- Aquellos que se encuentran más alejados no poseen medio de transporte de forma directa por lo cual el tiempo de viaje supera los 60 minutos.
- El medio de transporte más concurrido y con mayor llegada al campus es el colectivo, por falta de medios alternativos para el viaje.

Ampliando el estudio con mayor cantidad y variedad de datos de las distintas unidades académicas, según lo desarrollado a lo largo de la presente investigación se obtienen los siguientes resultados, los cuales concuerdan con la aproximación realizada en la primera investigación :

- Las zonas aledañas al predio de la universidad acumulan cerca del 60% del alumnado, tanto para el viaje de IDA como para el viaje de VUELTA, por lo cual en el análisis de OD



predominan los partidos de influencia de la UNLZ (Esteban Echeverría, Lomas de Zamora, Ezeiza, Almirante Brown, zonas de La Matanza, principalmente).

- Si bien más del 50% de los actores de la universidad se encuentran empleados, la mayor porción de ellos trabajan en las zonas de influencia de la UNLZ. Aquellos que trabajan en zonas más alejadas no cuentan por lo general con un transporte directo al predio, por lo cual se dirigen en primer lugar a sus casas o se movilizan en auto.
- El modo de viaje elegido por excelencia para acceder al predio son los Colectivos, los cuales representan cerca del 80% del traslado. Seguido a ello se encuentran los automóviles con el 13%. Esta situación se debe a la gran cantidad y variedad de líneas de colectivos que llegan cerca del campus. Sin embargo, respecto a los trenes sólo hay una estación de tren a 3km del predio y para acceder a dicho ramal se deben hacer combinaciones con otros ramales de trenes (ya que se dirige a zonas donde la UNLZ no tiene mayor influencia).
- En cuanto al tiempo de viaje se sigue obteniendo que el mayor flujo (75% apróx.) tarda entre 20 y 60 min, provenientes en su mayoría de los partidos cercanos y mediante colectivo. Aquellos que se encuentran en zonas más alejadas, que son sólo el 25%, no tienen medio de transporte directo al campus, sólo hay algunas líneas de colectivos que pueden llegar a tardar más de dos horas, o combis cuyo costo es altamente superior.

A raíz de estos resultados obtenidos optamos que la mejor opción es optimizar el flujo de los colectivos desde/hacia el predio de la universidad. Al contar con más de 10 líneas de colectivos que llegan a los ingresos tanto por la Avenida Juan XXIII como por Ruta 4, en los horarios pico de ingreso y egreso de los distintos turnos se genera una densa congestión sobre ambas arterias, sobre todo en el egreso del turno tarde y turno noche.

Por este motivo creemos que una solución óptima, teniendo en cuenta el espacio libre con que cuenta el campus, sería generar las paradas de los colectivos dentro del predio, ingresando por un acceso separado del de los autos. Con esta posibilidad además se puede incentivar a que, sobre todo en el turno noche, se utilicen más los colectivos, brindando la seguridad necesaria en las paradas de los mismos dentro del predio. La problemática a resolver para poder implementar dicha solución tiene que ver con la jurisprudencia Nacional del predio, para que las líneas de colectivo de origen municipal y provincial puedan ingresar a un territorio público nacional.

Se tendrá en cuenta para presentar a las autoridades un de plan soluciones tanto al acceso de vehículos privados en el campus como la mejora del nivel de transporte público utilizado por la mayor porción de la población de interés, teniendo en cuenta los aspectos de calidad de transporte definidos por la Norma EN 13816 ("Fiabilidad, Capacidad, Confianza, Empatía, Elementos Tangibles" [15]).



Figura 13: Vista satelital del Campus de la UNLZ a partir de Google Maps

#### 4. REFERENCIAS

- [1] Barceló Jaume. (2010) *Fundamentals of Traffic Simulation*. International Series in Operations Research & Management Science Volume 145. Londres: Editorial Springer ISBN 978-1-4419-6141-9
- [2] Herce Manuel. (2009) *Sobre la Movilidad en la Ciudad*. Barcelona: Editorial Reverté
- [3] Dios Ortuzar, Juan; Willumsen. (2011). *Transport Modelling*. John Wiley&Sons LTD.
- [4] Castillo Enrique. (2008) *Traffic Estimation and Optimal Counting Location Without Path Enumeration Using Bayesian Networks*. Department of Civil Engineering, University of Castilla La Mancha, 13071 Ciudad Real, Spain.
- [5] Tebaldi Claudia y West Mike. (Junio 1998) *Bayesian Inference on Network Traffic Using Link Count Data*. Journal of the American Statistical Association. [En línea]. Vol. 93, n° 442. [Fecha de consulta: 14 de Agosto 2016].  
Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2670105> DOI: 10.2307/2670105
- [6] Castillo Enrique, Nogal María, Menéndez José María, Sánchez-Cambronero Santos, y Jiménez Pilar. (Marzo 2012) *A FIFO Rule Consistent Model for the Continuous Dynamic Network Loading Problem*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. [En línea]. Vol. 13, n° 1. [Fecha de consulta: 8 de Agosto 2016].  
Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6112800/?arnumber=6112800> ISSN: 1558-0016
- [7] Castillo Enrique, Menéndez José María, Jiménez Pilar y Rivas Ana. (Mayo 2008) *Closed form expressions for choice probabilities in the Weibull case*. Elsevier. [En línea]. Vol. 42, n°4. [Fecha de consulta: 10 de Agosto 2016].  
Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019126150700077X>
- [8] Abrahamsson Torgil. Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts – A Literature Survey. (1998) International Institute for Applied Systems Analysis. Interim Report. Laxenburg, Austria
- [9] Gutiérrez Andrea. (Agosto 2010) *Movilidad, Transporte y Acceso: Una Renovación Aplicada al Ordenamiento Territorial*. Scripta Nova. [En línea]. Vol. 14, n° 331. [Fecha de consulta: 10 de agosto 2016]. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-86.htm>.ISSN: 1138-9788
- [10] Castillo Navarro Álex. (2007) *Influencia de los parámetros de una vía en la determinación de su capacidad*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- [11] Muñoz Miguel Juan Pedro, Simón de Blas Clara y Jiménez Barandalla Iciar Carmen. (Enero 2014) *Estudio empírico sobre la utilización del transporte público en la Comunidad de Madrid como factor clave de movilidad sostenible*. Cuadernos de economía. [En línea]. Vol. 37, n° 104. [Fecha de consulta: 26 de Agosto 2016]. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-cuadernos-economia-329-> ISSN: 0210-0266
- [12] L. S. Rodríguez. (2016) *Modelado de Resistividad y pH de la provincia de Buenos Aires: Capitalización del conocimiento del suelo y contribución al desarrollo del sector de la protección anticorrosiva de la república argentina*. Buenos Aires: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- [13] G. Ortiz. (2012) «*Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender las bases de los SIG.*» [En línea]. Available: <http://recursos.gabrielortiz.com>. [Último acceso: 18 Octubre 2016].
- [14] Instituto Geográfico Nacional, «IGN,» [En línea]. Available: <http://www.ign.gob.ar/>. [Último acceso: 10 Noviembre 2016].
- [15] Norma Europea. (2003) EN 13816: *Sistema de Gestión de la Calidad en el Transporte Público*. España.

# **Redes Neuronales como una herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial**

Alsúa, Santiago Ezequiel; Berasaluce Guerra, Gonzalo; López Llovet, Nicolás;  
Rotondo, Martina Belén

*Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)  
Av. Eduardo Madero 399 C1106ACD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina*

## **RESUMEN**

El alcance de la investigación es la predicción de consumo de combustible en la aviación comercial; se evalúa el método de redes neuronales artificiales como metodología de pronóstico y se establece la relevancia de las variables registradas por una aerolínea comercial.

**Palabras Claves:** pronóstico; consumo de combustible; aviación; redes neuronales.

## **ABSTRACT**

The scope of this research is the forecast of fuel consumption in commercial aviation; the method of artificial neural networks will be evaluated as a forecast methodology and it will be established if the data that commercial airlines register are relevant.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la primera parte de este documento se revisan los antecedentes en el ámbito de la inteligencia artificial en particular las redes neuronales como herramienta de pronóstico y el de los indicadores de consumo de combustible en la aviación; se establece el marco conceptual concomitante al trabajo de investigación. A continuación, se utiliza una red neuronal unicapa en base a las variables que podrían afectar el consumo de combustible en el transporte aéreo de pasajeros. Se dispone de datos históricos de una aerolínea real de estudio para realizar el aprendizaje y el testeo del grado de ajuste de la red neuronal. Los resultados obtenidos en la etapa de testeo son los que definen la pertinencia de las redes para este tipo de aplicación. Para finalizar se establecen las conclusiones de la investigación.

## 2. ANTECEDENTES

El consumo de combustible representa uno de los mayores gastos operativos de una aerolínea; contar con una herramienta que permita predecir su consumo de combustible a lo largo del año y estimar con precisión el costo del mismo durante un cierto período significa para las empresas aéreas la posibilidad de controlar el uso de combustible, reducir el riesgo de accidentes, optimizar la carga que debe elevar el avión al despegar y disponer de indicadores de su huella ecológica, entre otros factores.

Cada vuelo puede evaluarse según las etapas de su movimiento: el rodaje, su despegue, la etapa crucero, el aterrizaje y el nuevo rodaje hasta la ubicación final. El análisis de este ciclo incluye la diversidad de variables que interviene en cada momento: la distancia de rodaje, la altura adquirida en vuelo, los tiempos de despegue y aterrizaje y la información meteorológica. En el consumo de combustible también intervienen, el peso del avión dado por su propio peso, la cantidad de pasajeros y/o la carga no solo de equipaje o carga de traslado, sino también la del propio combustible que conforme avanza el vuelo, se irá reduciendo. Diversos autores encararon la creación de distintos tipos de herramienta que contemplan las variables relacionadas con la actividad de transporte aéreo utilizando una multiplicidad de enfoques.

Air Force Cost Analysis Agency (AFCAA) [1] se encuentra en desarrollo de un modelo a macroescala que prediga el requerimiento de combustible para aviación de la fuerza aérea mediante el uso de series temporales. A partir de 1442 series de consumo histórico, desarrollaron dos modelos de regresión para predecir requerimientos de combustible en galones. La investigación muestra que el 100 por ciento de las predicciones estimadas mediante cuadrados mínimos caen dentro de un intervalo de confianza del 95 por ciento. Ambos modelos fallan por suponer normalidad, varianza constante e independencia de variables al utilizar regresión lineal.

El modelo de regresión presentado por la Universidad de Kyoto [2], consiste en el entrenamiento de un modelo predictivo utilizando información de vuelo y pasajeros, incluyendo la fecha de viaje, la ruta y el ID del avión, para construir modelos de regresión que logren predecir la cantidad de combustible a consumir. El modelo de regresión predice esta cantidad para cada vuelo con un error cuadrado relativo de 8,8 por ciento; el modelo se desempeña mejor que el humano despachador de vuelo y reduce los errores de predicción en un 39,3 por ciento a la vez que verifica que esta herramienta es menos propensa a subestimar la cantidad de combustible en su pronóstico.

La técnica de modelización por sensores virtuales investigada por el Centro de Investigación NASA en conjunto con Texas A&M University [3], modela el consumo de combustible como una función de los datos de vuelo registrados (Flight Operations, Quality Assurance, FOQA). Las variables se utilizan para calcular estimaciones de consumo y detectar anomalías en los registros cada vez que el consumo medido excede un valor esperado; tal exceso puede indicar sobreconsumo de combustible, cuya causa debe ser identificada y corregida por el piloto en tiempo real. El enfoque para modelar utilizado hace uso de modelos de regresión para identificar anomalías, asumiendo que el consumo puede describirse como una función no lineal de los datos registrados. Estos datos se reducen a condiciones externas, estado de vuelo y algunas entradas del piloto.

El Departamento de Transporte de los Estados Unidos [4], desarrolló un método que se basa en utilizar las herramientas de desempeño existentes de fabricantes de aviones para generar coeficientes estadísticos que caracterizan, por separado, las ecuaciones de consumo específico por empuje para despegue y aterrizaje; en comparación con los registros de operaciones de una

aerolínea, se observa que el método predice con exactitud el consumo de combustible para las áreas terminales y establece que un único algoritmo es insuficiente para cubrir los requerimientos de ambas etapas. El modelo de consumo específico por empuje usa una función lineal de velocidad y una función cuadrática de elevación para estimar el empuje realizado.

El Massachusetts Institute of Technology [5] presenta un modelo para estimar el consumo del avión cuando se encuentra en la superficie dada su trayectoria; que utiliza una serie de registros de datos de vuelo. El consumo se modela como una función lineal de diversos factores, incluyendo tiempo de rodaje, número de paradas, número de giros y número de eventos de aceleración; los parámetros se estiman utilizando regresión por cuadrados mínimos e indaga el significado estadístico de cada factor. Se obtienen estimaciones más exactas que aquellas derivadas de modelos físicos idealizados; el modelo de regresión provee el siguiente resultado: el tiempo total de rodaje es el driver principal del consumo de combustible; el análisis muestra también, que para algunos aviones estudiados, la herramienta facilitada por la International Civil Aviation Organization (ICAO) sobreestima los índices de consumo.

La investigación realizada por Virginia Polytechnic Institute and State University [6] aplica MATLAB y su herramienta de redes neuronales a una base de datos para configurar una estimación de consumo basado en conceptos básicos de balance de energía; mediante técnicas de ajustes de curvas con múltiples variables, usadas en conjunto con datos de desempeño de aviones, permiten calcular las constantes específicas de cada avión. El formato de las entradas consiste en dos variables que corresponden a velocidad y altura de vuelo y se asignan seiscientos valores aleatorios a cada variable. El balance de energía combinado con el desarrollo de una red neuronal es desarrollado con éxito y aplicado para modelizar el desempeño energético de los aviones; debido a que los vectores de entrada tienen una relación directa con los vectores objetivo, la red es relativamente precisa.

La presentación de Universidad de Lisboa [7] propone crear una herramienta de predicción utilizando registros de operación de la aerolínea TAP durante el año 2010, compuesta por 55 aviones, y anexa una herramienta de diseño sencillo para predecir un número pequeño de parámetros meteorológicos para mejorar la eficiencia del algoritmo, así como una interface gráfica que permite realizar entradas fácilmente. El software es entrenado, validado y probado para la flota, los vuelos y destinos de TAP. Como resultado, se alcanzó la optimización del consumo de combustible mediante algoritmos genéticos que lograron detectar un mínimo global.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

#### 3.1. De redes neuronales

Las RNA<sup>1</sup> son uno de los modelos computacionales utilizados para emular el cerebro humano; utilizan algoritmos de entrenamiento que permiten resolver problemas tales como predicción, reconocimiento de patrones, clasificación y control de procesos, entre otras aplicaciones. Una red neuronal es un conjunto de elementos de procesamiento denominados neuronas, interconectados acorde a un orden denominado *topología* que se define acorde a la cantidad de capas, la cantidad de neuronas por capa, el grado de conexión o peso y el tipo de conexión; esta red es una función matemática, que recibe un input, escalar o vectorial, y entrega un output. En esta investigación la red es de ajuste ya que tiene por finalidad estimar un valor a partir del mapeo de los datos de otras variables. La primera capa recibe datos de las variables independientes; las subsiguientes capas son ocultas y realizan el procesamiento, a excepción de la capa final que entrega el resultado de la variable dependiente.

Crear una red neuronal artificial se puede dividir en etapas: el entrenamiento, la verificación y el testeo; para ello es preciso dividir el conjunto de datos en dos o tres grupos según se realice sólo verificación o también se incluya una etapa de testeo; las proporciones de datos destinados a cada etapa pueden variar acorde a las necesidades. Para un buen entrenamiento es preciso contar con gran cantidad de datos; en nuestro caso se dispone de 41.500 registros correspondientes a una flota de una empresa de transporte aéreo comercial de pasajeros.

La etapa de *aprendizaje o entrenamiento* consiste en que la red encuentre las relaciones complejas entre datos reales de entradas y salidas del proceso; en esta investigación se trata de encontrar los pesos de las conexiones entre las variables independientes que afectan el consumo

---

1 Redes Neuronales Artificiales.

de combustible de los aviones. Ello se logra a través de sucesivas iteraciones denominadas *épocas*, que se detienen cuando se llega a un valor mínimo en la curva de error. El tipo de aprendizaje que entonces se emplea en este trabajo es conocido como *aprendizaje supervisado*, porque se le brinda a la red datos reales, denominados *targets*, que es la información sobre cuántos kilogramos de combustible consumió cierto vuelo.

*Las redes neuronales no son algoritmos, pero sí los emplean dentro de su estructura para generar su propia distribución de los pesos de los enlaces mediante el aprendizaje* [9]; esta forma de aprender se la identifica como *conexionista* ya que consiste en obtener los pesos que establecen la fuerza de la relación; también se dice que es de tipo *distribuido* pues abarca todo el sistema.

La etapa de *verificación* sirve para validar el modelo; se usa la red con los datos separados a tal fin; las salidas o resultado se comparan con los valores reales; si se considera que la red predice un valor aproximado dentro de los márgenes de error aceptables se da por concluido el diseño de la red, de lo contrario se vuelve a realizar el aprendizaje. *El método básico para estimar la eficiencia predictiva de un algoritmo de entrenamiento es medir el error que comete sobre un conjunto de muestras que se ha mantenido al margen durante el proceso de entrenamiento. Este conjunto se denomina conjunto de test o conjunto hold-out. El método hold-out de test es el más extendido y el más sencillo, puesto que sólo es necesario separar un conjunto de muestras y reservarlas para comprobar la generalización de un modelo una vez entrenado* [10].

Cuando se habla de lógica difusa o borrosa en el contexto de la computación, se entiende por la misma a un proceso de aprendizaje. Las redes, a través de una lógica regida por objetivos matemáticos y relaciones no lineales, encuentran frecuentemente vinculaciones entre variables y soluciones aproximadas a problemas de complejidad elevada. Se adopta la siguiente definición para aludir a un sistema complejo: *“Un sistema es complejo no sólo por la heterogeneidad de las partes constituyentes con naturaleza y dominios diferentes de ciencia y tecnología sino por la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que ellos satisfacen dentro de una totalidad”* [8].

Se debe añadir a esta definición que apareado a los dominios diferentes de los constituyentes viene consigo también que estos pueden tener un carácter borroso o difuso. Las variables involucradas entonces son difíciles de cuantificar, y se encuentra aquí el potencial de esta investigación porque su método es el de formalizar relaciones difusas en el contexto de la información de las compañías aerocomerciales. El método de aprendizaje de la red tiene, si se le provee suficientes datos, la capacidad de cuantificar qué importancia darle al cambio de una variable en el resultado final de la estimación, incluso si esa variable tiene un alto nivel de abstracción. Para el estudio en cuestión la cantidad de combustible quemado es la variable de principal interés, y la lógica difusa abre oportunidades especialmente en la consideración de la red como una herramienta de aprendizaje ya que establece nexos. Se buscará investigar si la red puede enseñar algo sobre cuáles son las variables más relevantes para el consumo de combustible. Esta investigación puede convertirse en un estudio preliminar de si es viable utilizar inteligencia artificial como una herramienta que permite priorizar a las aerolíneas cuáles datos es importante almacenar y procesar, de esta manera optimizando el flujo de información. El alcance de la investigación es trabajar sobre redes de naturaleza predictiva únicamente; resulta necesario mencionar que puede desprenderse potencialmente un diseño de redes de aprendizaje puro, cuyo fin sea únicamente entender las conexiones y relevancia de las distintas variables, sin que sea viable como red de predicción de consumo de combustible.

### **3.2. Del consumo de combustible en una aeronave**

El desarrollo de la aviación comercial avanza en torno a diversos aspectos, entre ellos los más importantes son los tecnológicos, la eficiencia en la gestión de los recursos y la reducción del impacto ambiental. Las etapas de vuelo en general y el consumo de combustible en particular, están afectadas por dos grupos de variables; en primer lugar, aquellas dependientes del entorno, longitud de pista, espacio aéreo disponible en el área circundante a la pista, tiempo disponible para realizar las maniobras y temperatura, presión y humedad del ambiente; en segundo lugar, aquellas determinadas por el fabricante y dependientes de la propia aeronave, peso, potencia del avión, resistencia aerodinámica y limitaciones establecidas para no incurrir en desgaste excesivo de las partes mecánicas.



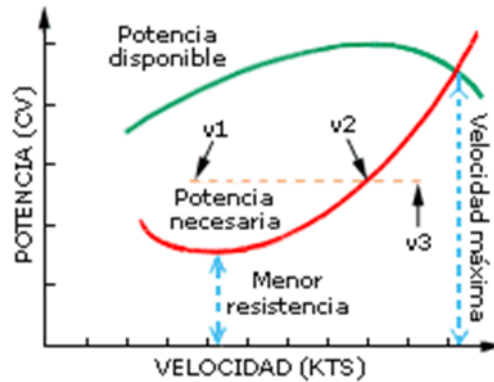


Figura 1 Incidencia de las fuerzas de resistencia aerodinámica en la utilización de la potencia disponible.

En las distintas etapas del vuelo se encuentran distintos requerimientos de consumo de combustible.

La etapa de *puesta en marcha* comienza cuando finaliza la revisión exterior y la preparación de cabina, y es a partir de este momento que el avión comienza a consumir combustible; razones de índole técnica recomiendan cierta cantidad de minutos entre el arranque y la entrega de potencia para permitir elevar las temperaturas del aceite y de los componentes mecánicos internos con el fin de evitar daños a los motores.

El *rodaje inicial* consiste en maniobrar el avión entre el área de estacionamiento y la zona o posición de despegue.

En el *despegue y ascenso* la aeronave parte de la cabecera de pista, se da potencia y comienza el avance hasta la velocidad estipulada a la cual el piloto mueve los controles inclinando el ala de cola. El avión rota alrededor de las ruedas traseras, su perfil se modifica y la resistencia aerodinámica aumenta elevándose la aeronave y demandando mayor potencia. El ascenso se realiza a una velocidad determinada que depende del ángulo de ascenso y de la potencia de motor disponibles y deseados. De la potencia entregada, parte se invierte en vencer la resistencia aerodinámica (que aumenta con la velocidad) y el resto en provocar el avance y elevación del avión; la maniobra de ascenso es un trade-off entre velocidad y ganancia de altura.

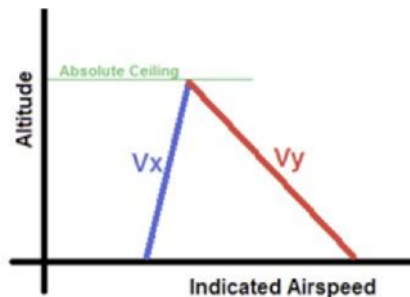


Figura 2 Diferencia de distancia horizontal recorrida para alcanzar una misma altura entre  $V_x$  y  $V_y$ .

Se utilizan dos parámetros óptimos.  $V_x$  es la velocidad que permite al avión alcanzar la máxima altura recorriendo la menor distancia horizontal posible, y  $V_y$  es la velocidad que permite al avión alcanzar la máxima altura en el menor tiempo posible.  $V_x$  es menor en magnitud, genera menor resistencia aerodinámica y permite entregar mayor potencia a la elevación.  $V_y$  es mayor en magnitud, la resistencia aerodinámica es mayor e invierte más potencia en el avance. Dependiendo de las condiciones climatológicas y de entorno se estipula una velocidad y ángulo de ascenso.

Una vez alcanzada la altura TOC (Top of Climb) comienza la etapa de crucero. La etapa de crucero consiste en mantener vuelo recto, a velocidad y altura constante. A mayor velocidad se requerirá mayor potencia para vencer la resistencia aerodinámica, debe elegirse en función del tiempo de vuelo y el consumo de combustible deseado. En la etapa de descenso y aterrizaje el avión deja la altitud de crucero y comienza la aproximación al aeropuerto de destino.

La *maniobra de descenso* comienza con la altura TOD (Top of Descent) y requiere menor energía que mantener vuelo nivelado. Finalizada esta etapa la aeronave toca pista y una vez estabilizada reduce su velocidad hasta frenar completamente.

El *rodaje final* abarca las maniobras del avión entre la pista de aterrizaje y la zona de estacionamiento; el avión utiliza sus propios motores.

La aviación utiliza combustible JET-A1, de uso exclusivo en actividades aeronáuticas para aviones a turbina, y es el más usado a nivel mundial; su función principal es suministrar potencia al avión, la cual depende del contenido energético del combustible y de la calidad de la combustión; posee una energía específica de 11,9 kWh/kg y ello permite obtener gran potencia aportando menor peso al avión al comparar con otros tipos de combustible.

Tabla 1 Características de la flota por modelo, cantidad de pasajeros y alcance, según fabricante.

Fabricante	Modelo	Cantidad de pasajeros		Alcance (km)
		Mínima	Máxima	
Boeing	737-700	118	124	5.700
	737-800	154	162	7.400
Airbus	330-200	247	406	13.450
	340-300	277	440	13.500
Embraer	190AR	96	114	4.445-4537

La carga transportada en un vuelo incluye el peso de la propia aeronave, la cantidad de pasajeros, la carga (suministros y equipaje) y el propio combustible. Es en el diseño y producción de aviones y sus partes críticas como motores y turbinas donde se lleva adelante gran parte de las mejoras que impactan en el consumo de combustible; cada modelo de avión posee especificaciones de fábrica, características de carga máxima, velocidad y consumo de combustible.

En la flota del trabajo de investigación en cuestión encontramos los modelos 737-700 y 737-800 de Boeing, 330-200 y 340-300 de Airbus, y E-190 de Embraer.

En los aeropuertos, los despachantes de vuelo trazan la ruta y especificaciones de vuelo de acuerdo al peso transportado, tránsito de aeropuerto y tiempo de vuelo deseado. La tecnología y los sistemas de información asisten estas decisiones. Un ejemplo de software utilizado es el creado por Lufthansa Systems, empresa parte del Lufthansa Group, que provee una herramienta de software llamada Lido/Flight 4D actualmente utilizada por los despachantes de las 60 aerolíneas más importantes para la determinación de información útil en el diseño de vuelo. El sistema Lido permite decidir las siguientes funciones: a) asignar ruta de vuelo y sus características, b) precisar aeropuertos alternativos para contingencias, y c) establecer carga de combustible, entre otras. El combustible es una variable dependiente del plan de vuelo y la reglamentación internacional que especifica capacidad para las etapas de taxi in y out, vuelo regular, emergencia que representa 5% o más del combustible del vuelo regular, y reserva para mantener 45 minutos de vuelo de espera. Lido provee la información en un rango de 3 a 4 horas antes del vuelo y tiene en cuenta factores climatológicos, congestión de aeropuertos, carga, entre otros. Con la utilización de su herramienta, Lido sugiere que puede alcanzar un ahorro de combustible de hasta 5% frente a las tecnologías previas; la herramienta ofrece resultados de precisión para el pronóstico de combustible de corto plazo y sus cualidades son más limitadas en la planificación de largo plazo.

#### 4. MÉTODOS

Se inicia el análisis con una base de datos provista por una aerolínea comercial, transferida desde el sistema FDR<sup>2</sup> a lo largo de los últimos tres años hasta 2017. La base consiste en una matriz que contiene 143.928 vuelos con 135 variables cada uno. Las variables abarcan, para cada etapa de

<sup>2</sup> Flight Data Recorder o Grabador de Datos de Vuelo.

vuelo: distancia aérea, distancia por tierra, duración, altura, tiempo de encendido de cada motor, velocidad, número de Mach y consumo de combustible; cada vuelo se caracteriza por un ID, aeropuertos de partida y arribo, modelo de avión, fecha y hora de partida y dirección espacial de la pista de despegue. Una entrevista realizada a los profesionales de la empresa como información que sólo los datos de los vuelos con Boeing 737-700 son imprescindibles para generar un software de predicción porque representan el mayor volumen de utilización en las operaciones. Seleccionando únicamente tales datos, la base ahora cuenta con 57.100 registros. En la misma instancia surgen recomendaciones sobre cuáles variables tienen potencial predictivo.

#### 4.1. Selección y definición de las variables

De las 135 variables disponibles en la base original, se discriminan aquellas conocidas o estimables al momento de despachar el vuelo. Las variables de entrada se listan a continuación.

- Weight-Take off (kg): peso en kilogramos de la aeronave sumando pasajeros y equipaje en el momento de despegar.
- Horario de arribo: variable generada por asignación de un número de 0 a 24 que indica la hora del día en que se espera arribar a destino.
- Dep IATA 1 y Dep IATA 2: variables generadas por código ASCII del nombre del aeropuerto de partida.
- Arr IATA 1 y Arr IATA 2: variables generadas por código ASCII del nombre del aeropuerto de arribo.
- Duration (min): variable generada que indica la duración en minutos estimada del vuelo.
- Dep RWY: número de identificación de la pista de despegue. Entre 0 y 360, indica la orientación cardinal de la carrera de despegue.

La variable de salida se identifica Total fuel burn (kg) que indica el consumo total de combustible.

#### 4.2. Análisis exploratorio de datos

Como resultado del análisis realizado, se eliminan registros incompletos, atípicos o inconsistentes; la base disponible para armar las poblaciones y diseñar las redes es de 41.587 vuelos.

Los valores descartados para la variable duración son aquellos inferiores a 20 minutos o superiores a 960 minutos. Esto representa una pérdida de 4.369 datos. Para el resto de las variables, se definen como valores atípicos aquellos que se encuentran por debajo del primer cuartil una vez y media el rango intercuartílico, así como aquellos que se encuentran por encima del tercer cuartil una vez y media el rango intercuartílico. Tratar así a cada una de las variables representa una pérdida de 704 datos para "Take off Weight", 406 datos para "Fuel Burn" y 2.563 datos para "Dep RWY".

La estacionalidad asociada a la fecha de vuelo, a pesar de ser una variable recomendada por la empresa, debe descartarse por contener una mezcla de formatos "dd/mm/aa" y "mm/dd/aa".

#### 4.3. Método de aprendizaje de las redes

El diseño del experimento se inicia en la elección de 8 poblaciones<sup>3</sup>. El software utilizado es el Neural Network Toolkit de Matlab®. El entrenamiento de redes en esta herramienta exige configurar a priori tres parámetros: algoritmo de entrenamiento de la red; número de neuronas para la única capa oculta y porcentaje de datos que se utilizan para entrenar, validar y testear la red.

La primera fase del experimento tiene como objetivo estudiar el impacto de las variables en el desempeño predictivo de la red. Consiste en analizar el comportamiento de las redes entrenadas con las distintas poblaciones en condiciones *ceteris paribus*. Estas condiciones son: algoritmo de entrenamiento Levenberg-Marquardt; porcentaje para entrenamiento igual al 70% de los datos y una capa de 10 neuronas.

La segunda fase del experimento estudia la influencia de los parámetros. Se diseñan pruebas con una variación en los mismos, en condiciones *ceteris paribus*. Se prueban los tres algoritmos de entrenamiento, se realiza una variación en el porcentaje de los datos utilizados para la etapa de entrenamiento y se establecen distintas cantidades de neuronas. Los tres algoritmos de

---

<sup>3</sup> En el contexto de redes neuronales, se refiere con "población" al conjunto de datos asociado a una combinación característica de variables.

entrenamiento son Levenberg-Marquardt, Bayesian Regularization y Scaled Conjugate Gradient; las cantidades de neuronas varían entre 5, 10 y 20; los porcentajes del conjunto de datos reservado para la etapa de entrenamiento son 55%, 70% y 80%. Una vez diseñados los experimentos, se someten las 8 poblaciones a cada uno de ellos, generando así 72 corridas de aprendizaje distintas.

## 5. RESULTADOS

Para estandarizar el análisis de resultados, se toman como medidas de calidad el coeficiente R y la raíz del error cuadrático medio o RMSE calculados entre el vector salida y el vector objetivo del conjunto de datos de testeo.

### 5.1. De las distintas variables

La red entrenada con la población P1 emplea todas las variables a disposición; logra un ajuste de 98,43% en el testeo y un error promedio de 272 kg de combustible. Para evidenciar el impacto del resto de las variables, estas se extraen progresivamente y de forma aleatoria. No se observan cambios significativos en las medidas de calidad hasta la corrida de la red con la población P6, en la que se omite la variable duración. El error promedio aumenta 922 kg con respecto a la población P1 y el valor de R de testeo cae 35 puntos porcentuales.

Tabla 1 Resultados del entrenamiento de redes predictivas.

Variables de uso Predictivo	Poblaciones							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Weight-Take off(kg)	x	x	x	x		x		x
DEP RWY	x							
Hora de arribo	x	x						
DEP IATA 1	x	x	x				x	x
DEP IATA 2	x	x	x				x	x
ARR IATA 1	x	x	x				x	x
ARR IATA 2	x	x	x				x	x
Duration	x	x	x	x	x			
Qty registros	41.587	41.587	41.587	41.587	41.587	41.587	41.587	41.587
% Training	70	70	70	70	70	70	70	70
% Validation	15	15	15	15	15	15	15	15
% Testing	15	15	15	15	15	15	15	15
Neuronas ocultas	10	10	10	10	10	10	10	10
Algoritmo de entrenamiento	Levenberg-Marquardt							
MSE Training	70.924	71.960	71.022	75.786	93.554	1.401.582	919.329	787.439
MSE Validation	71.450	72.154	66.043	72.732	98.026	1.421.089	936.153	835.694
MSE Testing	74.203	71.767	70.769	74.745	92.807	1.426.077	900.087	809.906
Mean error Training	266	268	266	275	306	1.184	959	887
Mean error Tvalidation	267	269	257	270	313	1.192	968	914
Mean error Testing	272	268	266	273	305	1194	949	900
R Training	0,9849	0,9846	0,9849	0,9838	0,9801	0,6349	0,7833	0,8148
R Validation	0,9849	0,9846	0,9858	0,9843	0,9788	0,634	0,7685	0,8083
R Testing	0,9843	0,9846	0,9849	0,9841	0,9795	0,635	0,784	0,8119

La figura 3 muestra la capacidad de ajuste entre predicciones y valores reales para dichas poblaciones:

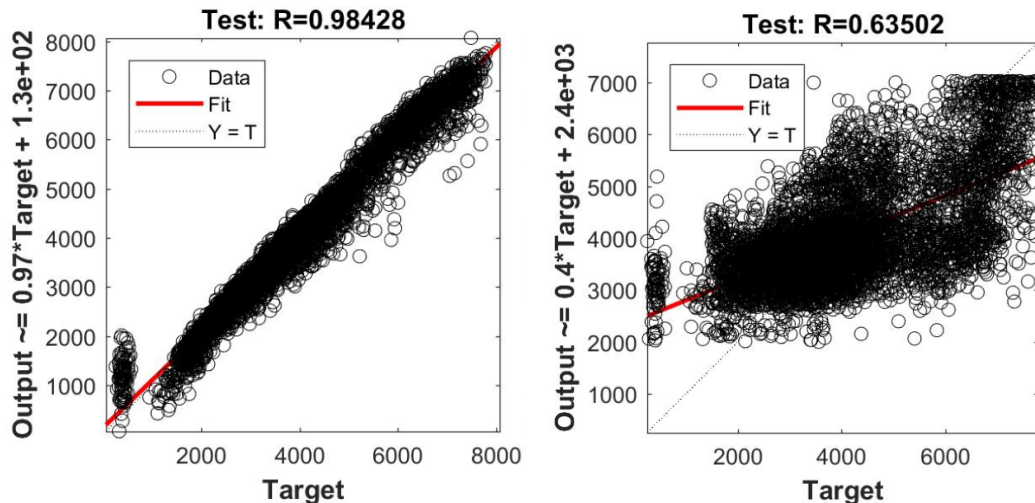


Figura 1 Gráficos de regresión para las redes entrenadas con las poblaciones P1 y P6, para la etapa de testeo.

Las poblaciones P2 y P3 muestran que las variables hora de arribo y la orientación en el despegue no aportan capacidad predictiva una vez que ya se considera el tiempo de vuelo, e inclusive empeoran los resultados. Si el tiempo de vuelo es desconocido, se puede visualizar en la tabla que los aeropuertos de llegada y salida aportan más información sobre el consumo de combustible que el peso inicial del avión. De todos los resultados de la investigación, la red entrenada con la población 3 es la que muestra mejor rendimiento. La tabla 2 cuantifica los errores promedio que cometen las distintas redes respecto al consumo total promedio histórico de la base para el modelo Boeing 737-700.

Tabla 2 Errores de predicción de consumo de combustible, por población y según rango de duración de vuelos.

Rango de duración de vuelo (hs)	Promedio de consumo de combustible(Kg)	Red P1- % de error sobre el promedio	Red P2- % de error sobre el promedio
0,5 a 2	3.415	8,0	7,8
2 a 3	6.017	4,5	4,5
3 a 4	7.281	3,7	3,7
4 a 5	10.919	2,5	2,5
>5	12.150	2,2	2,2
Rango de duración de vuelo (hs)	Promedio de consumo de combustible(Kg)	Red P3- % de error sobre el promedio	Red P4- % de error sobre el promedio
0,5 a 2	3.415	7,8	8,0
2 a 3	6.017	4,4	4,5
3 a 4	7.281	3,7	3,8
4 a 5	10.919	2,4	2,5
>5	12.150	2,2	2,3
Rango de duración de vuelo (hs)	Promedio de consumo de combustible(Kg)	Red P5- % de error sobre el promedio	Red P6- % de error sobre el promedio
0,5 a 2	3.415	8,9	35,0
2 a 3	6.017	5,1	19,8
3 a 4	7.281	4,2	16,4
4 a 5	10.919	2,8	10,3
>5	12.150	2,5	9,8
Rango de duración de vuelo (hs)	Promedio de consumo de combustible(Kg)	Red P7- % de error sobre el promedio	Red P8- % de error sobre el promedio
0,5 a 2	3.415	27,8	26,3
2 a 3	6.017	15,8	15,0
3 a 4	7.281	13,0	12,4
4 a 5	10.919	8,7	8,2
>5	12.150	7,8	7,4

## 5.2. De los parámetros

En cuanto a la variación de algoritmos, el experimento muestra que para las mejores poblaciones, no tiene mayor impacto en el coeficiente de determinación. Si bien se observa una caída en P4, esta no se condice con el RMSE para la misma población, por lo que puede tratarse de un error en la medición. Para las poblaciones inferiores (P6, P7 y P8), el algoritmo Bayesian Regularization se muestra ligeramente superior, tanto en R como en RMSE.

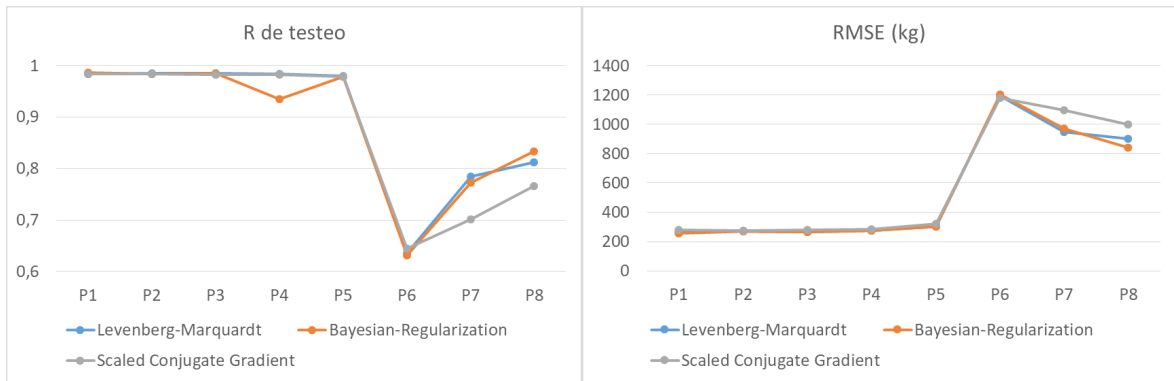


Figura 4 Gráficos de R de testeo y error promedio para el entrenamiento con los distintos algoritmos.

Para las mejores poblaciones, el número de neuronas no parece tener efecto en RMSE pero nuevamente se observa una caída en P4 para el gráfico del coeficiente de determinación. En las redes de rendimiento inferior, la selección del número de neuronas parece tener mucho más impacto, siendo beneficioso elegir un número mayor.

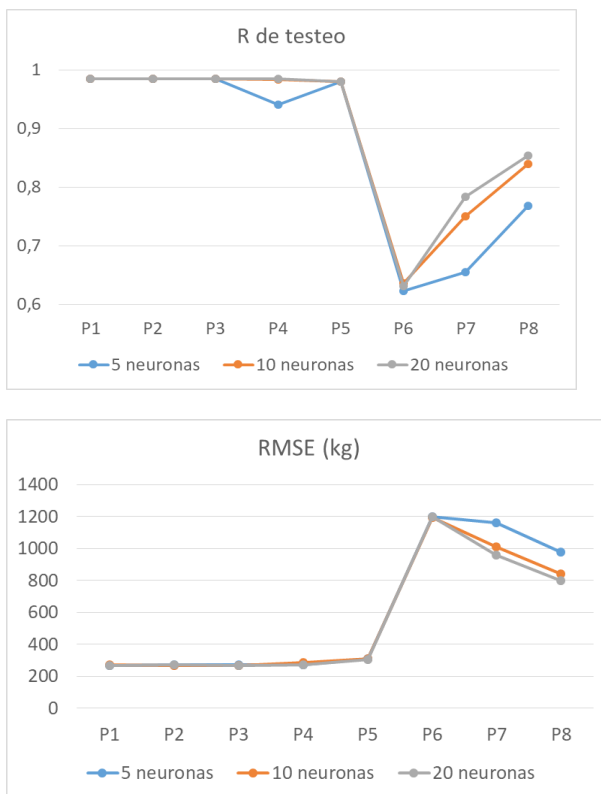


Figura 5 Gráficos de R de testeo y error promedio para distintas cantidades de neuronas en la red.

En las poblaciones con mejor desempeño, no tiene gran impacto sobre los indicadores modificar la cantidad de datos que se utilizan para entrenamiento. Para las poblaciones P6, P7 y P8, no es posible identificar una tendencia.

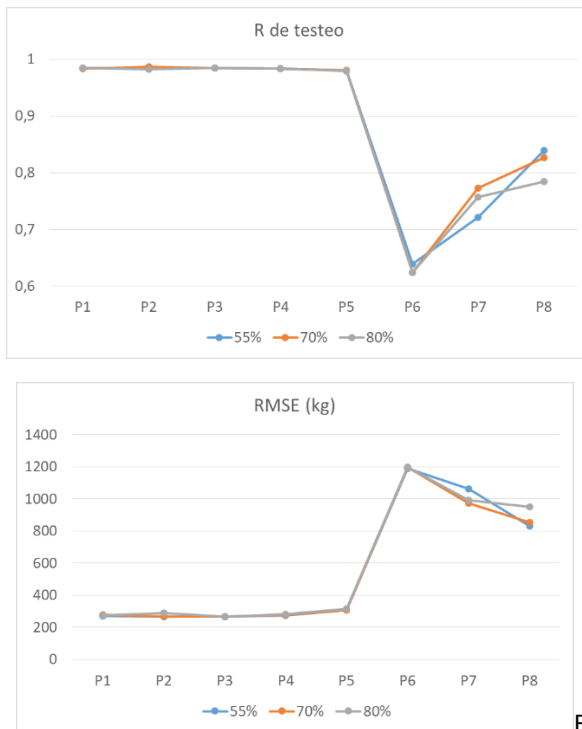


Figura 6 Gráficos de R de testeo y error promedio para distintos porcentajes de datos en etapa de entrenamiento.

## 6. CONCLUSIONES

El análisis exploratorio de datos y su consiguiente limpieza, muestran una mejora significativa en el desempeño de las redes, por lo que se puede afirmar que este paso es indispensable antes de trabajar con el complemento de Matlab para redes neuronales.

La primera fase de diseño de las redes, relacionada con el análisis de la significatividad de las variables, muestra que una reducción en la cantidad de variables utilizadas para entrenar la red es posible, siempre y cuando las variables sean correctamente seleccionadas y asegurando la calidad de los registros que están contenidos en esas variables. La variable duración del vuelo da evidencia de ser la que mejor poder predictivo aporta a las redes neuronales. Su uso se puede potenciar si se combina con otras variables como el horario de arribo, el peso de la aeronave y los aeropuertos de destino y de salida. La siguiente matriz evalúa la relación entre la dificultad de estimar o disponer de cada variable, y su relevancia para predecir:

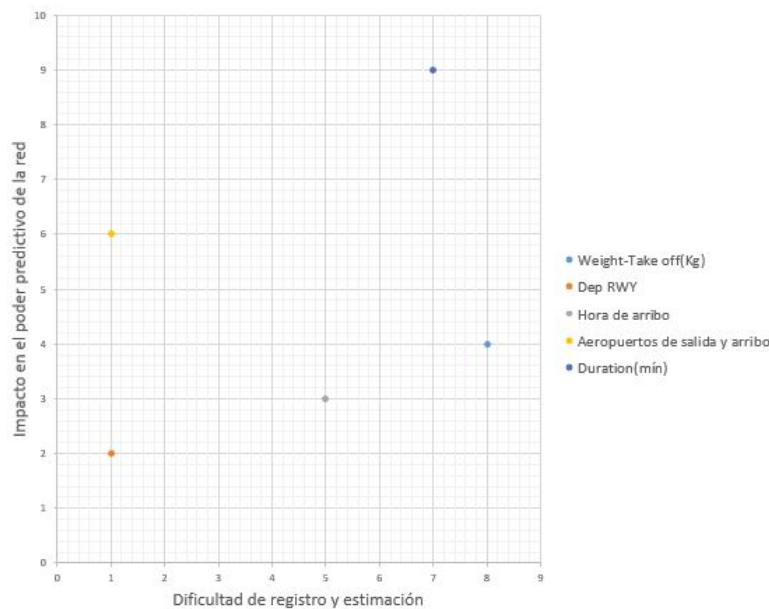


Figura 7 Matriz de impacto de variables en la predicción Vs. dificultad de registro e implementación.

La importancia de estos resultados reside en la posibilidad que tienen las empresas aerocomerciales de focalizar su registro de información, reduciendo la cantidad de variables y mejorando la calidad de los registros. Esto es relevante porque los expertos de la empresa proveedora de los datos manifestaron que un inconveniente para la optimización de operaciones es la generación de más información de la que se puede llegar a procesar. Igualmente, se propone continuar el estudio de este campo atendiendo el impacto de la variable fecha que podría ser significativo y no pudo estudiarse en esta instancia.

Los resultados de la segunda fase del experimento sugieren que la variación de la topología de la red no afecta su desempeño predictivo si las variables seleccionadas son las adecuadas.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Brown, Thomas W. (2009). *Forecasting fuel consumption requirements for the air force flying hour program using pooled time series analysis* (tesis de grado). Air University, Alabama, United States.
- [2] Horiguchi, Yuji. Baba, Yukino. Kashima, Hisashi. (2017). "Predicting Fuel Consumption and Flight Delays for Low-Cost Airlines". *Twenty-Ninth AAI Conference on Innovative Applications*. Kyoto, Japan.
- [3] Woodbury, Tim. Srivastava, Ashok N. (2012). "Analysis of Virtual Sensors for Predicting Aircraft Fuel Consumption". *Infotech Aerospace Conference 2012*. California, United States.
- [4] Senzig, David A. Fleming, Gregg G. Iovinelli, Ralph J. (2009). "Modeling of Terminal-Area Airplane Fuel Consumption". *Journal of Aircraft*. Vol. 46, No. 4, pp. 1089-1093. United States.
- [5] Khadilkar, Harshad. (2011). "Estimation of Aircraft Taxi-out Fuel Burn using Flight Data Recorder Archives". *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*. Oregon, United States.
- [6] Schilling, Glenn D. (1997). *Modeling aircraft fuel consumption with a neural network* (tesis de grado). Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, United States.
- [7] Spencer, Kevin Simões. (2011). *Fuel Consumption Optimization using Neural Networks and Genetic Algorithms* (tesis de maestría). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- [8] García, Rolando. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona. Primera edición. Editorial Gedisa. España.
- [9] Nojek, S., Britos, P., Rossi, B., y García Martínez, R. (2003). "Pronóstico de ventas: comparación de predicción entre redes neuronales y método estadístico". *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*. Vol. 2, No. 1. Brasil.
- [10] Jiménez, Fernando M. (2012). *Redes neuronales y preprocesado de variables para modelos y sensores en bioingeniería* (tesis de doctorado). Universitat Politècnica de València, Valencia, España.



# Análisis de parques industriales de la provincia Entre Ríos

## Gestión de Operaciones y Logística

Blanc Rafael Lujan; Hegglin Daniel; Rodriguez Alejandra

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay*  
Ing. Pereyra 676. Concepción del Uruguay. Entre Ríos.  
*rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

### RESUMEN

En el presente trabajo se pretende explicar el porque de la radicación de empresas en los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. Tiene como objetivos por un lado analizar la ley de promoción industrial de la provincia de Entre Ríos a fin de poder determinar las ventajas de la radicación de firmas en parques industriales sobre zonas industriales que no ingresen en esta categoría. Por otro lado, se pretende caracterizar y describir el estado de los parques industriales de la provincia. Lo anterior se realizará mediante el análisis de la ley N°: 10.204 de Entre Ríos, y se relevará las firmas radicadas en los parques industriales de Paraná, Crespo, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú, a fin de obtener datos de rubros de mayor importancia y tamaños estimados de las mismas. Esto es para determinar que factor de atractividad poseen los parques basado en las ventajas posicionales que pueden conseguir las firmas por posicionarse en ese lugar y no otro, de hecho, las principales leyes de promoción de distritos, áreas y parques industriales destacan por el impulso de ventajas en el valor de los terrenos y principalmente a nivel tributario. A tal fin, se realizará un análisis de los servicios ofrecidos por cada parque antes nombrado y las distancias relativas a los mayores centros de consumo a fin de poder establecer una tabla de comparación de los mismos a nivel logístico, ventajas impositivas y servicios. Si bien no se ha concluido el trabajo, se puede adelantar que de la muestra de parques industriales se cuenta con 180 empresas distribuidas de la siguiente forma Crespo 36,11%, Gualeguaychú 17,22%, Parana 16,67%, Concordia 16,11%, Concepción del Uruguay 13,89%. Siendo los que cuentan con más prestaciones Crespo y Concordia con 21 servicios cada uno.

**Palabras Claves:** Parques industriales, Entre Ríos, Promoción industrial, Atractividad.

### ABSTRACT

In the present work it is tried to explain the reason for the establishment of companies in the industrial parks of the province of Entre Ríos. Its objectives are, on the one hand, to analyze the law of industrial promotion of the province of Entre Ríos in order to determine the advantages of the filing of signatures in industrial parks on industrial zones that do not fall into this category. On the other hand, it is intended to characterize and describe the state of the industrial parks of the province. The foregoing will be carried out by means of the analysis of the law N °: 10.204 of Entre Ríos, and the firms located in the industrial parks of Paraná, Crespo, Concordia, Concepción del Uruguay and Gualeguaychú will be surveyed. In order to obtain data of major items and estimated sizes of them. This is to determine what factor of attractiveness the parks have based on the positional advantages that firms can get by positioning themselves in that place and not another. In fact, the main laws for the promotion of districts, areas and industrial parks stand out for the promotion of advantages in the value of land and mainly at the tax level.

To this end, an analysis of the services offered by each park previously named and the distance relative to the largest consumption centers will be carried out in order to establish a comparison table of the same at the logistical level, tax advantages and services. Although the work has not been completed, it can be anticipated that of the sample of industrial parks there are 180 companies distributed as follows Crespo 36.11%, Gualeguaychú 17.22%, Parana 16.67%, Concordia 16, 11%, Concepción del Uruguay 13.89%. Being those that have more benefits Crespo and Concordia with 21 services each.

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El concepto de Distrito Industrial se remonta a comienzos del siglo XX con Marshall [1] que lo definía como un área donde se ha establecido una concentración de empresas; que no es simplemente una industria localizada. Una industria localizada es "una industria concentrada en ciertas localidades", los motivos de esta concentración geográfica de empresas pueden ser diversos como: las necesidades de los fabricantes para estar cerca de los recursos de los que dependen; geográficas (como el clima, el suelo, las minas, las canteras, el acceso a la tierra o al agua); "el patrocinio de un tribunal" que produce una "demanda de productos de especial alta calidad"; la presencia de una ciudad la mayoría de los distritos industriales se han centrado en una o más ciudades grandes. Este punto final dependía de que luego de un tiempo la industrias, las cuales requerían más espacio del que se podía tener fácilmente dentro de la ciudad, donde los valores del terreno eran altos y lo siguen siendo, tendían a relocarse en las afueras de la ciudad. Estas nuevas fábricas se desarrollaban cada vez más en los distritos rurales circundantes y las ciudades pequeñas. Este proceso si dura lo suficiente, se convierte en una localización 'más compleja', es decir, se transforma en un distrito industrial. La pertenencia de las empresas en esta configuración les permite acceder a una serie particular de ventajas:

1) Habilidad hereditaria: las capacidades especiales (basadas en el conocimiento desarrollado en el hacer) se transmiten de una generación a otra y se convierten en la habilidad y/o formación característica de esa área.

2) Desarrollo y crecimiento de negocios secundarios: cuando varias empresas se sitúan en un área, es probable que las empresas proveedoras se desarrollen en la zona, suministrando implementos y materiales, organizando su tráfico y, de muchas maneras, conduciendo a la economía de su material.

3) El uso de maquinaria altamente especializada: a partir de la división del trabajo y la especialización que caracteriza a un distrito.

4) Disponibilidad de habilidades especiales: una industria localizada ofrece un mercado constante de capacidades para que los empleadores no tengan ningún problema cuando buscan trabajadores.

5) Atmósfera industrial en la que las empresas están inmersas y estimula la dinámica de las mismas hacia el cambio de técnicas con mejoras del rendimiento. Esto se debe a que las buenas ideas se adoptan rápidamente, y así se convierten en la fuente de nuevas ideas.

Posteriormente surgen los Parques Industriales, que pueden ser definidos como una gran extensión de tierra, subdividida y desarrollada para el uso simultáneo de varias empresas, que se distingue por la infraestructura que se puede compartir y la proximidad de las empresas. Las mismas cuentan con servicios comunes y un reglamento interno, existe un ente administrador organizador y con funciones de control sobre el funcionamiento y radicación de firmas. Los servicios son de apoyo al desarrollo de actividades industriales como ser: tratamientos de efluentes, captación y distribución de agua, sala de primeros auxilios, perímetros y seguridad, servicios bancarios, correos, comunicaciones, transformación de energía, etc. Los parques industriales a su vez pueden ser de dos tipos: temáticos y generales. Los primeros antecedentes de los mismos se sitúan alrededor de 1940 en Chicago EEUU, donde un distrito industrial pasa a tener un control municipal de su funcionamiento y radicación, a partir de la década del 60 los mismos se vuelven populares [2, 3, 4].

Otro elemento importante está dado por la atraktividad de los agrupamientos industriales que evalúa las fortalezas y las oportunidades de un ambiente determinado para la radicación, el desarrollo y la consolidación de industrias y de establecimientos en dichos territorios. El análisis de la atraktividad se focaliza en considerar el balance competitivo de infraestructura y servicios anexos a fin de poder determinar las ventajas comparativas que le permitan competir a un territorio con otras regiones en función de la radicación de firmas en el mismo, para los cuales se aplican diferentes instrumentos de políticas productivas, de infraestructura y sectoriales para promoverlos. Mediante políticas de promoción de la radicación de pequeñas y medianas empresas, el subsidio parcial de recursos humanos especializados, mediante fondos para financiar la I+D dentro de las empresas radicadas en los parques, acceso a crédito fiscal a tasas accesibles, la creación y mantenimiento de incubadoras con el objetivo de crear empresas complementarias a las radicadas [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Estas políticas, han variado durante el tiempo logrando en mayor o menor medida elevar o disminuir la atraktividad de los parques, durante ciertos periodos de tiempo frente a otras localizaciones. De lo anterior, se desprende la necesidad de observar la trayectoria en cuantos a incentivos a fin de comprender la dinámica actual de los parques industriales de la provincia. Los anteriores fenómenos de "producción" se le han ido incorporando progresivamente el estudio de otros factores relacionados con aglomeraciones que se centran en los fenómenos de proximidad y transacciones. Así como las aglomeraciones favorecen la creación de infraestructuras comunes (camino, puertos, centrales de energía, tratamiento de efluentes, etc.) que tiene efectos positivos en la reducción de costos y el desarrollo tanto de las firmas como del

espacio que las contiene, también favorecen interacciones, transacciones y modos de cooperación entre estas.

El trabajo se organiza de la siguiente forma en la sección 2 se expondrá la metodología de trabajo, en la sección siguiente 3 se hará una breve descripción de la ley vigente de promoción industrial de la provincia de Entre Ríos. En la sección 4 se detallarán y analizarán los datos secundarios obtenidos de las páginas web consultadas, luego en la sección 5 se concluirá en lo que se observó en el trabajo y finalmente en la sección 6 se expondrá la bibliografía utilizada en el presente estudio.

## **2. METODOLOGÍA**

El presente estudio es de carácter exploratorio y corresponde con la primera fase de un proyecto de investigación que tiene como objeto relevar el estado de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. Dado que aún no se cuenta con datos primarios se realizará un análisis de datos secundarios aportados por los parques, los organismos de la provincia de Entre Ríos, cámaras empresariales, etc. A partir de los mismos, se realizará un análisis descriptivo a fin de lograr un primer estado de situación de los parques seleccionados y la legislación vigente. Los parques seleccionados para el trabajo son los siguientes: Paraná, Crespo, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualaguaychú. A continuación, se presentan los principales análisis y resultados del estudio. Además, se realizará a continuación una breve descripción del contenido más relevante de la legislación de promoción industrial de la provincia de Entre Ríos

## **3. LEGISLACIÓN**

Entre Ríos cuenta con una ley de promoción y desarrollo industrial ley provincial N° 10.204 que otorga los siguientes beneficios a las empresas radicadas en los parques industriales de la provincia

“ARTÍCULO 9°.- Los beneficiarios comprendidos en los alcances de la presente ley, podrán gozar de los siguientes beneficios: a) Exenciones de impuestos provinciales referidos en la presente normativa; b) Preferencia en licitaciones y las compras del Estado provincial; c) Exenciones, o diferimientos sobre tasas y derechos que cada Municipio establezca de conformidad a su pertinente adhesión a la presente ley; cl) Descuentos en las prestaciones de servicios de energía eléctrica según lo establezca el decreto reglamentario; e) Asistencia en la Gestión de los Recursos Humanos según lo establezca el decreto reglamentario.

ARTÍCULO 10°.- Los sujetos beneficiarios del presente régimen, podrán gozar de exenciones totales o parciales en los impuestos provinciales, existentes o a crearse, por un plazo de hasta quince (15) años. El beneficio de exención se otorgará por decreto del Poder Ejecutivo provincial. Las exenciones serán del 100% en los primeros cinco años, del 75% desde el año 6 al 10 y del 50% desde el año 11 al 15.-

ARTÍCULO 11°.- Las exenciones en los impuestos provinciales se determinarán según lo establezca la reglamentación y serán otorgadas sobre los siguientes impuestos: A) Ingresos Brutos (o el que en el futuro lo sustituya): por los ingresos provenientes de la comercialización al por mayor. B) Inmobiliario: cuando se trate de inmuebles afectados a la actividad industrial y sean de titularidad de los beneficiarios. En los casos de ampliación de plantas existentes el alcance de la exención será sobre la base del avalúo de mejoras de las partidas inmobiliarias involucradas en la ampliación. C) Sellos: para todas las transacciones que graven hechos impositivos relacionados con el alta, desarrollo, incremento de plantas industriales. El alcance de este beneficio se circunscribe a la construcción o montaje de las instalaciones industriales alcanzadas por las exenciones impositivas. D) Automotor: cuando sean de titularidad de los beneficiarios de la presente ley y se encuentren afectados en forma exclusiva a la actividad industrial. La exención prevista será del cien por cien (100 %) hasta quince (15) unidades automotor acorde clasificación del Código Fiscal para plantas industriales nuevas. En el caso de ampliación de plantas existentes la exención será del cien por cien (100 %) hasta diez (10) nuevas unidades automotor cero kilómetros, acorde clasificación del Código Fiscal. E) Fondo de Integración de Asistencia Social Ley 4035: la exención del aporte patronal se concederá en función de los nuevos puestos de trabajo que se realicen en tanto impliquen un incremento en la nómina de empleados, sin que se verifiquen despidos o cesantías injustificadas. El

beneficio se otorgará desde la regularización de la relación laboral.” ley provincial N° 10.204 pp. 3-4.

Como se detalla en los artículos 9,10 y 11 acogerse a los beneficios de la ley y su decreto reglamentario puede ser beneficioso para las firmas, se debe tener en cuenta que los poderes ejecutivos de las ciudades a las que pertenecen los parques hacen adaptaciones de que tributos o tasas están exentos a nivel ciudad y por que periodo. A su vez para acceder a estos beneficios las firmas deberán:

“ARTÍCULO 4º.- Son beneficiarios del presente régimen las personas físicas y jurídicas que desarrollen actividad industrial, organizados bajo la forma de empresas, sean nuevas o existentes.

ARTÍCULO 5º.- Los beneficiarios del presente régimen deberán cumplimentar de manera concurrente los siguientes requisitos: a) Radicarse en el territorio de la provincia de Entre Ríos y se inscriban en el Registro Único Industrial de la Provincia; b) Ser de propiedad de personas físicas o jurídicas domiciliadas en el país. En el caso de personas jurídicas, deberán haber sido constituidas en la República Argentina conforme a sus leyes; c) No registrar deudas de carácter fiscal, social o administrativo con el Estado provincial; d) Cumplimentar la normativa de preservación y protección del medio ambiente.

ARTÍCULO 6º.- Para acceder a los beneficios otorgados por la presente ley, los establecimientos industriales existentes, pertenecientes a sujetos beneficiarios del Artículo 4º, deberán incrementar como mínimo un 15 % su capacidad operativa instalada. Tales beneficios sólo regirán para el porcentaje incremental.” ley provincial N° 10.204 pp. 2.

Si bien, el acceso a los beneficios de la ley de promoción no es exclusivo para firmas radicadas en parques industriales, sí es más sencillo para las emplazadas en los mismos obtenerlos y renovarlos. Además, dado otros beneficios de la radicación como los servicios comunes y disposiciones municipales referidas a ordenamiento urbano y medio ambiente es preferente radicarse en parques industriales. A continuación, se detalla el análisis de los datos secundarios relevados de los parques industriales seleccionados de la provincia de Entre Ríos.

#### 4. DATOS SOBRE LOS PARQUES SELECCIONADOS

A continuación, en la Figura 1, se presenta un mapa de la provincia con las ciudades que poseen los parques industriales del estudio resaltadas en color amarillo, tres están sobre la zona este de la provincia sobre autovía 14, los dos restantes se encuentran ubicadas en el margen oeste de la provincia cercanas a la ciudad de Santa Fe.

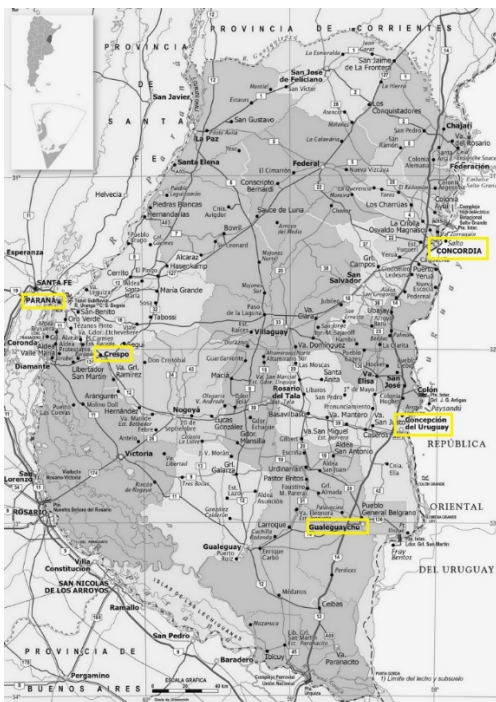


Figura 1 Posición geográfica de los parques industriales seleccionados  
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1 Datos de las ciudades de pertenencia de los parques industriales

Ciudad	Crespo	Gualeguaychú	Paraná	Concordia	Concepción del Uruguay
Habitantes	25.776	114.633	290.411	174.000	96.930
Escuelas técnicas	Si	Si	Si	Si	Si
Universidades	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: elaboración propia.

De lo expuesto en la Tabla 1, en cuanto a la cantidad de habitantes de las ciudades seleccionadas (proyección a 2018) destaca Paraná capital de la provincia y centro político de la misma, seguido por Concordia ciudad de mayor tamaño de la costa de río Uruguay, seguida por Gualeguaychú y finalmente Concepción del Uruguay. Es destacada la importancia económica de la ciudad de Crespo en relación a su población lo cual se refleja en la presencia de universidades en una ciudad que alcanza aproximadamente los 25.000 habitantes. Por su parte, todos los parques y sus ciudades vecinas poseen escuelas técnicas y universidades, este factor es relevante al momento de acceder a recursos humanos de calidad o a cursos de formación y desarrollos de los mismos.

Tabla 2 Datos de los parques industriales seleccionados

Datos	Crespo	Gualeguaychú	Paraná	Concordia	Uruguay
Superficie total hectáreas	54	211	133	100	83
Lotes	68	109	98	41	102
Hectáreas a la venta	1	44	36	20	16
Porcentaje de utilización	0,98	0,79	0,73	0,80	0,81

Fuente: elaboración propia.

De los datos de la Tabla 2 surge que el parque industrial de mayor superficie es el de la ciudad de Gualeguaychú con 211 hectáreas doblando la superficie de todos sus competidores salvo Paraná, esto se refleja en la cantidad de hectáreas disponibles a la venta en el que también destaca con 44 frente al caso inferior Crespo con solo 1 hectárea disponible. En cuanto a utilización Crespo es el que cuenta con menos disponibilidad como se describía antes, es relevante destacar que el parque industrial de la capital de la provincia es el de menor utilización alcanzando el 73%. Si bien

los lotes no son proporcionales, se deduce que este parque debería tener los mayores (ratio superficie/lotés) en contraste a Crespo que no llega a una hectárea de promedio.

Tabla 3 *Distribución de firmas por parque de la muestra*

Ciudad	Cantidad de firmas	%
Crespo	58	33,3
Gualeguaychú	32	18,4
Paraná	30	17,2
Concordia	29	16,7
Concepción del Uruguay	25	14,4
Total	174	100

Fuente: elaboración propia.

De la Tabla 3, el detalle de la cantidad de firmas radicas dentro de los parques industriales basada en datos secundarios se distribuye de la siguiente forma: en primer lugar, se encuentra Crespo con 33% de los casos, seguido por Gualeguaychú 18%, en tercer lugar, Paraná con el 17%, luego Concordia con el 16,7 y finalmente Concepción del Uruguay. Es importante destacar, que sucede en algunos casos que empresas acceden a los beneficios de estar en un parque, aunque ellas no están físicamente en el mismo por diferentes problemas como tamaño de los lotes disponibles, espacio para flota de carga y descarga, disponibilidad de agua, necesidades de cierto nivel de transformación eléctrica que amerita una estación propia entre otros y no suelen estar en los datos publicados en las páginas de los parques.

Tabla 4 *Distancias de los parques a principales mercados*

Distancias	Crespo	Gualeguaychú	Paraná	Concordia	Concepción del Uruguay
CABA, Buenos aires	439	232	501	429	331
Rosario, Santa Fe	176	262	176	361	276
Córdoba, Córdoba	430	654	389	651	668
Promedio	348,33	382,67	355,33	480,33	425,00
Autopista/ Autovía	No	Si	No	Si	Si

Fuente: elaboración propia.

Uno de los factores relevantes en la localización de firmas es la distancia por un lado a proveedores como a clientes (Tabla 4), para evaluar esto se realizó una comparativa de las distancias de los parques a grandes centros urbanos. Tomando como referentes a los siguientes: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario y Córdoba. Se observa que, en promedio de cercanía el más accesible es Crespo con 348 Km., seguido por Paraná, y finalmente los parques situados en la costa del Río Uruguay, pero estos poseen una autovía en a diferencia de los de la costa del río Paraná. Aunque es importante destacar que para el caso de Paraná es fácil acceder a la ciudad de Santa Fe y utilizar su red de autopistas; no así en el caso de Crespo.

Tabla 5 *Servicios brindados por los parques seleccionados*

Servicio	Crespo	Gualeguaychú	Paraná	Concordia	Concepción del Uruguay
Internet	Si	Si	Si	Si	Si
Alumbrado público	Si	Si	Si	Si	Si
Áreas Verdes	Si	Si	Si	Si	Si
Calles Internas	Si	Si	Si	Si	Si
Energía Eléctrica	Si	Si	Si	Si	Si
Red de Gas	Si	Si	Si	Si	Si
Subestación Eléctrica	Si	Si	Si	Si	Si
Telefonía	Si	Si	Si	Si	Si
Mantenimiento de áreas Comunes	Si	No	Si	Si	Si
Agua Potable	Si	Si	Si	Si	No
Sistema contra incendio	Si	Si	Si	Si	No
Desagüe Sanitario	Si	Si	Si	Si	No
Señalización	Si	Si	Si	Si	No
Desagüe Pluvial	Si	Si	Si	Si	No
Planta de Tratamiento de Agua	Si	Si	No	Si	No
Estacionamiento p/automóviles	Si	No	Si	Si	No
Estacionamiento p/camiones	Si	No	Si	Si	No
Cerramiento Perimetral	Si	Si	No	Si	No
Transporte Urbano	Si	Si	Si	No	No
Nomenclatura de calles	Si	Si	Si	No	No
Seguridad Privada	No	No	Si	No	Si
Correos	No	No	No	Si	Si
Oficinas Administrativas	No	No	No	Si	No
Servicios Médicos y Asistenciales	No	Si	No	No	No
Áreas Recreativas	No	Si	No	No	No
Total Servicios	20	19	19	20	11

Fuente: elaboración propia. En base a datos obtenidos de: <http://parques.industria.gob.ar/>.

De la Tabla 5 surge que los servicios que ofrecen los parques, tienen diferencias en cuanto a calidad. Hay servicios básicos que son comunes a todos como son: Internet, Alumbrado público, Áreas Verdes, Calles Internas, Energía Eléctrica, Red de Gas, Subestación Eléctrica y Telefonía. Por otro lado, hay servicios que son poco comunes y que solo poseen algunos parques como: seguridad privada, correos, oficinas administrativas, servicios médicos y asistenciales y finalmente áreas recreativas. Los parques que tienen un número superior de servicios son Crespo y Concordia, el de menor desarrollo en el sentido de servicios es el de Concepción del Uruguay alcanzando solo 11 servicios.

Tabla 6 *Distribución por rubro de la muestra*

CLANAE 2 <sup>1</sup> dígitos	%
Elaboración de productos alimenticios	16,7
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	12,1
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	9,2
Fabricación de sustancias y productos químicos	6,9
Fabricación de productos de caucho y plástico	5,2
Fabricación de productos minerales no metálicos	5,2
Agricultura, ganadería, caza y servicios de apoyo	4,6
Fabricación de papel y de productos de papel	4,6
Fabricación de muebles y colchones	4,0

Fuente: elaboración propia.

De la Tabla 6, tomando la totalidad de los parques y detallando su rubro de actividad, hay una fuerte tendencia a la producción de productos alimenticios con el 16,7%, seguidos por productos de madera excepto muebles 12,1%, en tercer lugar se encuentran los productos de metal excepto maquinaria y equipos con el 9,2% lo cual coincide con el perfil productivo de la provincia que es de primera transformación de productos primarios no teniendo gran incidencia la producción de productos de media y alta tecnología.

Tabla 7 *Distribución por rubro del parque industrial de Crespo*

CLANAE 2 dígitos	%
Elaboración de productos alimenticios	19,0
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	19,0
Agricultura, ganadería, caza y servicios de apoyo	10,3
Actividades especializadas de construcción	6,9
Fabricación de productos minerales no metálicos	6,9
Fabricación de muebles y colchones	5,2
Fabricación de sustancias y productos químicos	5,2
Fabricación de productos de caucho y plástico	3,4
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	3,4

Fuente: elaboración propia.

En el caso de Crespo (Tabla 7) los principales rubros representados en el parque industrial son Elaboración de productos alimenticios con el 19%, seguido de Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo con el 19%, en tercer lugar, se da agricultura, ganadería, caza y servicios de apoyo con el 10,3% que son servicios de apoyo a actividades agrícolas ganaderas relevantes en esa región de la provincia. Lo cual coincide con el perfil de especialización de la región.

Tabla 8 *Distribución por rubro del parque industrial de Gualeguaychú*

CLANAE 2 dígitos	%
Fabricación de sustancias y productos químicos	15,6
Elaboración de productos alimenticios	9,4
Fabricación de papel y de productos de papel	6,3
Fabricación de productos de caucho y plástico	6,3
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	6,3
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	6,3
Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos. Recuperación de materiales y desechos	6,3
Servicios empresariales n.c.p.	6,3
Elaboración de bebidas	3,1

Fuente: elaboración propia.

Por su parte el parque industrial de Gualeguaychú (Tabla 8) tiene como principal actividad la fabricación de sustancias y productos químicos con el 15,6%, seguido por la elaboración de productos alimenticios con el 9,4%, el tercer lugar lo comparten 6 rubros: fabricación de papel y de productos de papel; fabricación de productos de caucho y plástico; fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo; fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques; recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos. Recuperación de materiales y desechos; servicios empresariales n.c.p. con el 6,3% respectivamente lo que muestra que tiene una distribución de firmas más heterogénea que otros parques.



Tabla 9 *Distribución por rubro del parque industrial de Paraná*

CLANAE 2 dígitos	%
Elaboración de productos alimenticios	13,3
Fabricación de productos de caucho y plástico	13,3
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutica	10,0
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	10,0
Fabricación de metales comunes	6,7
Fabricación de muebles y colchones	6,7
Impresión y reproducción de grabaciones	6,7
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	3,3
Fabricación de papel y de productos de papel	3,3
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	3,3

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 9 se observa que Paraná cuenta con un parque industrial principalmente orientado a los productos alimenticios y a los fabricados a partir de caucho y plástico ambos con el 13,3% de la muestra, seguidos por fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutica y producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles con el 10,0%, luego destacan también los rubros de fabricación de metales comunes; fabricación de muebles y colchones e Impresión y reproducción de grabaciones con el 6,7%.

Tabla 10 *Distribución por rubro del parque industrial de Concordia*

CLANAE 2 dígitos	%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	37,9
Elaboración de productos alimenticios	24,1
Fabricación de sustancias y productos químicos	6,9
Fabricación de papel y de productos de papel	3,4
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	3,4
Fabricación de productos minerales no metálicos	3,4
Reparación, mantenimiento e instalación de máquinas y equipos	3,4
Servicios de programación y consultoría informática y actividades conexas	3,4
Servicios de seguridad e investigación	3,4

Fuente: elaboración propia.

Por su el parque industrial de Concordia (Tabla 10), por su parte destaca en la Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles con el 37,9% de los casos siendo el parque que muestra mayor concentración en un sector, seguido por elaboración de productos alimenticios con el 24,1% y en tercer lugar Fabricación de sustancias y productos químicos con el 6,9%.

Tabla 11 *Distribución por rubro del parque industrial de Concepción del Uruguay*

CLANAE 2 dígitos	%
Elaboración de productos alimenticios	16,0
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles	16,0
Fabricación de papel y de productos de papel	12,0
Fabricación de muebles y colchones	8,0
Fabricación de productos minerales no metálicos	8,0
Fabricación de productos de caucho y plástico	4,0
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	4,0
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutica	4,0
Fabricación de sustancias y productos químicos	4,0
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	4,0

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la Tabla 11 describe que el parque industrial de Concepción del Uruguay destaca por la elaboración de productos alimenticios y Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles ambos con el 16,0%, seguido por fabricación de papel y de productos de papel con el 12,0%. A continuación, se presentan los principales hallazgos del estudio.

## 5. PALABRAS FINALES

A pesar de ser un estudio exploratorio y de no contar con datos primarios, se puede distinguir claras diferencias entre los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. En primer lugar, si tomamos la referencia temporal los tres primeros parques creados que fueron Paraná, Gualeguaychú y Concepción del Uruguay no son los de mayor desarrollo, por lo cual se puede descartar la idea de que la antigüedad representa una ventaja en cuanto a servicios y radicación de firmas.

Un caso testigo de esta situación, es el parque industrial de Concepción del Uruguay el que a pesar de su trayectoria es el que posee menos servicios y menor cantidad de firmas de la muestra. Por su parte, su antagonista sería el parque industrial de Crespo que cuenta con la mayor cantidad de servicios, de firmas con una creación más reciente y una posición relativa que si bien lo favorece en cuanto promedio de km, tiene la desventaja de poseer la ciudad de menor desarrollo relativo y no tener una autopista de acceso.

Si observamos los sectores a los cuales se dedican los parques de la provincia destaca la importancia de la producción de productos alimenticios con el 16,7%, seguidos por productos de madera excepto muebles 12,1%, en tercer lugar, se encuentran los productos de metal excepto maquinaria y equipos con el 9,2%. Aunque hay parques que se encuentran fuertemente sesgados a un sector como el caso de Concordia con producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles con el 37,9% y la elaboración de productos alimenticios con el 24,1% de los casos. Lo cual coincide con la distribución de la industria en la zona fuera del parque industrial analizado, por lo cual se puede descartar la idea de fomento parques sectorial en este caso.

En cuanto a las ciudades que acompañan a los parques vemos que son similares en cuanto a los servicios que se puede acceder en las mismas, la de menor tamaño e importancia relativa (poblacional) es la de Crespo, pero a su vez su parque tiene un excepcional rendimiento en cuanto a radicación y servicios. Por lo cual, no podríamos atribuir los resultados del parque a la ciudad que lo acompaña. El grado de desarrollo de los parques es desigual, cuentan con servicios, pero aún es posible aumentar la cantidad y calidad de los mismos lo cual es un desafío tanto para los esfuerzos públicos y privados en post de la mejora de la calidad de los mismos.

Por su parte, la legislación de promoción industrial de la provincia es provechosa para las firmas que logren aplicar a la misma, aunque no es condición necesaria pertenecer a un parque industrial para obtener sus beneficios. Las firmas de ciertos tamaños y sectores deben estar emplazadas en parques industriales por disposiciones municipales de ordenamiento urbano y ambiental en muchos casos. Lo cual podría llevar a intuir que la elección de las firmas de radicarse en los parques obedece más a una cuestión legal y de ordenamiento que a una necesidad de las mismas, pero se necesitan entrevistas a las firmas para poder determinarlo con certeza.

Se espera, que en estudios futuros con entrevistas en profundidad tanto a firmas como entes de gobierno de los parques, establecer el porqué de las diferencias de desarrollo de los parques a fin de determinar qué medidas en política e infraestructura de servicios puede hacer más atractivos a los parques de menor desarrollo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Marshall, A. (1920). *Principles of Economics*, 8th edn. London, Macmillan.
- [2] Murphy, R. T., & Baldwin, W. L. (1959). Business moves to the industrial park. *Harvard Business Review*, 37 (3), 79–88.
- [3] Peddle, M. (1990) Industrial Park Location: Do Firm Characteristics Matter? *Journal of Regional Analysis and Policy*, Volume 20, Issue 2 26-36.
- [4] Peddle MT. (1993) Planned industrial and commercial developments in the United States: a review of the history, literature and empirical evidence regarding industrial parks. *Economic Development Quarterly*;7(1):107–24.
- [5] Boekholt, P., Thuriaux, B. (1999). Public Policies To Facilitate Clusters: Background, Rationale And Policy Practices In International Perspective, in (Ed.), *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, OECD Publishing: Paris, pp.381-412.
- [6] Isaksson, A. y Hauge, E. (2002). *Regional clusters in Europe*. European Commission, Observatory of European SMEs: Brussels
- [7] Andersson, T., Serger, S., Soervik, J., Hansson, W. (2004). *Cluster Policies Whitebook*. International Organisation for Knowledge Economy and Enterprise Development (IKED)
- [8] Proprius, L. and Driffield, N. (2006). FDI, clusters and knowledge sourcing, in Pitelis, C., Sugden, R., Wilson, J. (Ed.), *Clusters and globalisation: the development of urban and regional economies*, Edward Elgar: Cheltenham, pp.133-158.
- [9] Aharonsona, B., Baum, J., Plunkett, A. (2008). Inventive and uninventive clusters: The case of Canadian biotechnology. *Research Policy*, 37 (6 – 7): 1108– 1131.
- [10] Fontagné, L., Koenigz, P., Mayneris, F. (2011). Analyzing selection into subsidized clusters: The French policy of competitiveness clusters.

# Development of a simulation model and configuration of a kanban system for a production line used in the manufacture of agricultural equipment

Toncovich, Adrián Andrés\*; Clechet, Arthur <sup>(1)</sup>

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.  
Av. Alem 1253. Bahía Blanca. atoncovi@uns.edu.ar.*

*(1) École Nationale Supérieure d'ingénieurs en Informatique, Automatique, Mécanique, Énergétique et Électronique, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.  
Le Mont Houy - 59313 Valenciennes Cedex 9, Francia. arthur.clechet@gmail.com.*

## RESUMEN.

El objetivo de este trabajo consiste en modelar una línea de producción y configurar el sistema kanban asociado, correspondientes una instalación dedicada a la fabricación de mecanismos utilizados en la manufactura de equipamiento agrícola. Concretamente, el sistema productivo se encuentra dedicado a la producción de diversos componentes tales como ejes y engranajes, cajas de transmisión livianas y pesadas, enganches tripuntales y comandos finales que se requieren en la producción de maquinaria destinada a la realización de tareas agrícolas.

Para desarrollar el modelo de simulación se recurrió al software de simulación de eventos discretos Simul8. A través del modelo de simulación desarrollado se pudo modelar adecuadamente el funcionamiento del sistema de producción. Además, el sistema kanban se configuró de forma conveniente con el fin de evitar acumulaciones excesivas de inventario y faltantes de componentes que perjudiquen el normal funcionamiento de la línea.

**Palabras Claves:** Simulación, Kanban, Producción, Línea de Ensamble, Simul8.

## ABSTRACT.

The aim of this work is to model a production line and configure the associated kanban system, corresponding to a facility dedicated to the manufacture of mechanisms used in the assembly of agricultural equipment. Specifically, the production system is dedicated to the production of various components such as axles and gears, light and heavy transmission boxes, three-ponint hitches and final commands that are required in the production of machinery used in the execution of agricultural tasks.

Simul8 discrete event simulation software was used to develop the simulation model. Through the simulation model developed, the functioning of the production system could be adequately modeled. In addition, the kanban system was configured in a convenient way in order to avoid excessive inventory accumulation and shortages of components that could damage the normal operation of the line.

## 1. INTRODUCTION.

The systems that appear in the context of business management are clear examples of the influence of random factors and uncertainty. One of the major limitations of analytical models arises when dealing with these characteristics, given that, in general, the analytical approaches that incorporate uncertainty in their formulations, although they offer adequate results for relatively simple systems, in the case of more complex ones give rise to formulations too problematic to be solved with an exact approach. It is, in part, for this reason that experimental models become important when trying to analyze systems of this type. In particular, simulation models facilitate the analysis of real phenomena, or the study of various problems that arise in them, and that due to their intrinsic complexity do not allow an analysis in another way or the other alternatives are too expensive [1].

According to [1], one of the definitions that best summarizes the term simulation in its current conception is that of Shannon [2] which expresses the following:

"Simulation is the process of designing a model of a real system and carry out experiences with it, in order to learn the behavior of the system or evaluate various strategies for the operation of the system."

As it is emphasized in [1], it is necessary to specify some of the concepts that are included in this definition and that will be used throughout this work. Each time a model is discussed, reference will be made to a simplified representation of a system, which will be useful from the point of view of the objectives set for the study. At the same time, it is necessary to indicate that a system must be conceived as a set of items or ideas that are interrelated as a unit to achieve a certain objective.

The system studied in this case is part of a production facility of a company that manufactures and distributes products related to farm equipment. Specifically, the operation of an assembly line, which produces power transmission products, was analyzed.

The analysis of this problem was addressed through an experimental simulation model, given that an analytical formulation would be too complex to be solved in an effective way, and would require, at the same time, simplifications that would significantly affect the validity of the results. The simulation offers the possibility of incorporating in the corresponding model of a given system, practically all the elements that describe it in a complete way, without any assumptions that reduce its connection with reality.

The simulation model for the system considered is a probabilistic one, since it takes into account the randomness in the information of the system that represents [3], which in this case is given by the times required to perform the operations and activities in the assembly line.

From the point of view of the variation of the variables of the model, the system to be analyzed is dynamic, and it considers a time horizon of two weeks in which the behavior of the variables of interest is registered, to assess the operational performance of the system [4]. In the analysis of the system, the discrete event approach has been adopted as a means to manage the flow of time. In addition, the change of the system variables occurs discreetly for all cases [5].

The objective of this work was to model a production line on the SIMUL8 software, and create a kanban system based on a real production line of an agricultural equipment manufacturing company. The line produces five types of products used in the manufacture of agricultural machinery [6].

This article tackles the issue of the different stages of the creation of Simul8 model, the analysis of the results of the experimentation and finally draws the conclusions on the work carried out and gives some suggestions for future work.

## 2. PRODUCTION LINE DETAILS.

As it was indicated previously, the analyzed system consists of a production facility represented by an assembly line that manufactures products that are later assembled to produce farm equipment. The problem at hand is to determine the optimal configuration of the kanban system for the line in order to avoid line stoppages and limit the amount of inventory in the system.

There are five product types (Table 1) produced in the line that are later assembled to manufacture farm equipment, 29 distinct components are used and 48 tasks from production to assembly are involved. The production needs for the month under analysis are shown in Table 1.

Table 1 Production needs.

	<b>Product</b>					<b>Total</b>
	750LT	750LGP	850LT	850WT	850LGP	
<b>Production requirements</b>	6	10	13	8	4	41

In Figure 1 it is depicted a schematic view of the assembly line described in [6]. It defines different aspects of the production line such as the number of workstations and operators, the tasks ( $T_i$ ,  $i = 1$  to 49) assigned to each workstation, the takt time ( $T$ ), and the idle time in each workstation ( $T_m$ ).

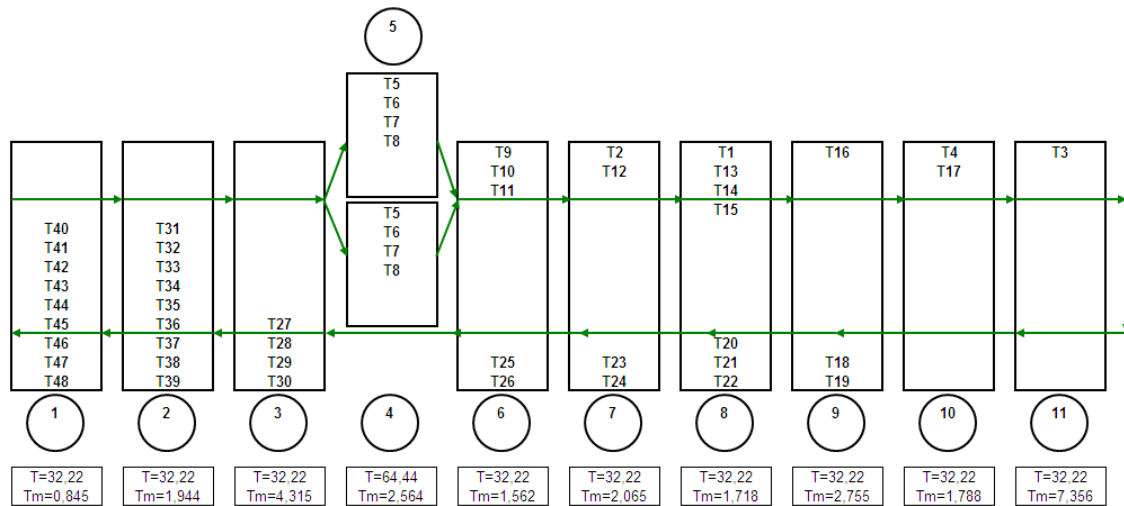


Figure 1 Assembly line chart (Source: [6]).

There are eleven workstations each grouping several tasks. One operator is assigned per station. The tasks T5, T6, T7, and T8 are present on both workstations 4 and 5, allowing more material to enter the production line.

### 3. SIMUL8 SIMULATION MODEL.

This section describes the process of building the model of the production line on Simul8.

#### 3.1. Simul8 Model Construction.

SIMUL8 simulation software is a product of the SIMUL8 Corporation used for simulating systems that involve processing of discrete entities at discrete times. This application is a tool for planning, design, optimization and reengineering of real production, manufacturing, logistic or service provision systems [7].

##### 3.1.1. Use of the software.

SIMUL8 allows its user to create a computer model, which takes into account real life constraints, capacities, failure rates, shift patterns, and other factors affecting the total performance and efficiency of production [7].

The software works with five major components: the entries, the activities, the queues, the exits and the links. The work item (the products, or components) enter the system via the entries. They are stacked in the queues, waiting to be processed by the next activity in line, and then are stacked in the next queue, and so on until the work item reaches an exit. There data are collected (number of activities passed, time in the system, etc.).

##### 3.1.2. The first stage.

In order to make a usable model, some features were simplified. All components were considered already present and in sufficient quantity, thus they were represented by queues stacked by products before the beginning of the simulation. This of course needed to change in later stages. The task time to completion was very easy to implement as the activity have that feature.

The major difficulties were making the activities take different amount of each component based on the product type and making the products enter the system in a specific order.

First the product's type was defined by a label ranging from 1 to 5. Each number would represent a product type. In order to assign a specific "recipe" to each label, it was necessary to use a feature of the software called label/sheet. This allows each activity to use different amount of component based on the label of the main product. Figure 2 shows an example for task T8a.

	A	B	C	D	E
1	type of vehicle	Queue 48	U17409	R29194	T78662
2		1	1	2	1
3		2	1	1	1
4		3	1	2	0
5		4	1	1	0
6		5	1	1	1

Figure 2 Example of a label/sheet use.

In the example, type of vehicle is the label's name. If the main product comes and its label is 3,

then the activity will take 1 product from Queue48 which is the main product, 2 from U17409, 0 from R29194 and 2 from T78662 which are components.

The second issue was to get a specific sequence of product at the start of the line. The solution used to address this issue at this stage was unsatisfactory, but allowed to define the required sequence. First, five queues were created holding the five types of product and made the queue set the content's label to 1 through 5. Then it was created an activity called "Sort\_product" (Figure 3) that would, in the right order, take an object from the right queue and send it to the "sequence queue". The featured called cycle matrix was used for that (Figure 4). It is simply a list of load/unload which enables to create the required sequence. This method works, but is inefficient as changing a sequence takes quite some time, and only one sequence can be used per model.



Figure 3 Sort\_product activity.

Activity	Task#	De	Task Type	W	Jol	From/To	Tim	State	Image	Visual Logic	Stage
Sort_product	1		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				<<<<
	2		LOAD TO			Queue for transition	0				
	3		UNLOAD FROM			Queue for Sort3	0				
	4		LOAD TO			Queue for transition	0				
	5		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	6		LOAD TO			Queue for transition	0				
	7		UNLOAD FROM			Queue for Sort3	0				
	8		LOAD TO			Queue for transition	0				
	9		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	10		LOAD TO			Queue for transition	0				
	11		UNLOAD FROM			Queue for Sort3	0				
	12		LOAD TO			Queue for transition	0				
	13		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	14		LOAD TO			Queue for transition	0				
	15		UNLOAD FROM			Queue for Sort3	0				
	16		LOAD TO			Queue for transition	0				
	17		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	18		LOAD TO			Queue for transition	0				
	19		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	20		LOAD TO			Queue for transition	0				
	21		UNLOAD FROM			Queue for Sort3	0				
	22		LOAD TO			Queue for transition	0				
	23		UNLOAD FROM			Queue for Sort4	0				
	24		LOAD TO			Queue for transition	0				
	25		UNLOAD FROM			Queue for Sort5	0				
	26		LOAD TO			Queue for transition	0				

Figure 4 Example of a cycle matrix.

Once those two issues were solved, a working simulation model was established. It had what was needed at the entrance, it was using the right amount of components, the tasks were done in the right amount of time and the products were reaching the end of the line without any problems. This model was still at the very early stages but it was the skeleton of the future simulation model.

### 3.1.3. Partial Kanban implementation.

The first model was working as expected, it was time to change the way components arrive on the line. Until now it was considered that the components were in sufficient quantity, and always available, but the goal of the study is to see how the line and the stock of components react to the stress of the sequence of products that is implemented. Thus, a kanban system was considered to organize the supply of components and parts. There were several issues at this stage. First, it was necessary to determine the number of kanbans needed, this usually does not constitute a problem, as there is a methodology to calculate the right number, but for some components, the results were clearly not appropriate. Then modelling the kanban system in itself was a challenge and it required coding. Last, a limitation had not been considered up to the moment. In each workstation there can be only two products, one on the upper line and one on the lower line (see Figure 1).

To determine the optimal number of kanban for every component there is some information needed. The expression that is used is the following [8]:

$$\text{Number of kanbans} = \frac{\text{HDM} \times \text{LT} \times (1 + \text{SS})}{C} \quad (1)$$

With HMD = Hourly mean demand, LT = Lead time (delivery time), C = Container size and SS = safety stock factor.

According to [6], the lead time was set at eight hours, and the container size was set at six units. In order to have the number of kanbans for each component the value of the HDM was required. First, the monthly use of each component was calculated. The formula is the following:

$$\text{HDM} = \frac{\text{product monthly demand}}{\text{working days} \times \text{working hours}} \times \text{number of components needed} \quad (2)$$

The facility is operated twenty working days per month with two shifts each day totaling 14 h 30 m of work, the monthly demand had just been calculated. The number of components needed was variable, depending of the product type it could vary substantially. The mean of every possible number of components needed was used to solve the problem. Using all this data the results shown in Table 2 could be obtained for the number of kanban for every component.

Table 2 Results of the application of the kanban formula.

Product	Quantity needed	DMH	Kanbans formula	Number of Kanban calculated
R29194	40	0,50	0,66	1
T78662	164	6,79	9,05	10
AT305699	66	1,09	1,46	2
U17409	226	12,16	16,21	17
19M8610	1756	777,48	1.036,65	1.037
19M7960	408	43,90	58,53	59
T200798	12	0,05	0,07	1
T200364	82	1,70	2,26	3
19M7791	1408	501,05	668,07	669
19M7493	832	179,92	238,70	239
19M8306	2460	1.526,90	2.035,86	2.036
T708602	116	2,88	3,84	4
CE18313	58	0,72	0,96	1
25M3827	48	0,79	1,06	2
24M7029	48	0,79	1,06	2
T162018	36	0,45	0,60	1
19M7908	584	87,00	115,99	116
24M7345	656	108,58	144,77	145
R66406	32	0,26	0,35	1
CE19089	82	1,70	2,26	3
Prem. Corona				2
Prem. Tambor				2
Prem. Freno				2
Prem. Porta				2
Prem. Làgrima				3

As it can be seen, some numbers of kanbans (in red) are exceptionally high. This is due to the nature of those components that are consumable items for which the prescribed container size is very low (six units) and the delivery time (eight hours) is very long. If the component that are used per one or per two per product can make it work with such lead time and container quantity, the components that are used by batches of 30, would need five deliveries for one product which is of course not viable. For this reason, the kanban system can only be applied to the components on which it is relevant (those not highlighted in red). The other components were simply dealt with as they were before in the model: with stacked queues, behaving as if they were in sufficient quantity and always available. At the time, there was not certainty that the kanban logic could be implemented in the simulation model, so the first priority was to make a usable kanban system. The problem would be resolved in a later stage.

The second issue was to implement the kanban system. This is how a kanban system works in reality: for each component, there is a fixed number of kanbans, often represented by a set of cards. Each kanban is attached to a container, when the container is opened and the component starts to be used, and then the kanban is detached from the container and sent back to the "demand zone". When a kanban is in the "demand zone" it is immediately used and attached to a delivery order, and when the order arrives, the kanban is attached to the container delivered. This



allows the assembly line to maintain the number of containers in the assembly line to a minimum, which lowers the overall costs associated to inventory, but if the kanban number is too low, there will be a shortage of components and the production rate will decrease [8].

The issue here is to simulate that set of cards. If it is easy to simulate it when fixed on a single product, simulating it while fixed on a container (which contains six products) is a lot harder. The following explains how the issue was addressed. First, every component will have a clock, which consists in a queue, and an activity linked together. On loading the item, the activity triggers a Visual Logic code. Visual logic is a programming language available in Simul8. It has the particularity of being attached to an activity and of being activated only at specific times. For example, on an activity the user can write a visual logic code for: On work complete, Before exit, On exit, Before selecting, After loading, etc. This allows more versatility in the code, but is at first a bit confusing. Visual logic is not a programming language that requires a lot of knowledge. When opening the window, it proposes all the keywords and coding expressions, and clicking on them writes them in the code with the correct syntax.

Figure 5 shows the code for the clock AT305699. To simulate the kanban on containers it was decided to count the item per batches of six units. When the quantity of component falls under twelve, or six, it means a new container was opened, and thus a container should be ordered. AT305699 is the queue where the components of this name are stacked. The suffix “.Quantity” links the word to the content of the queue. Delivery AT305699 a (or b) is the activity that simulates the delivery. It takes eight hours for the activity to complete, and it delivers six units in the AT305699 queue. The “.State” suffix gives a numeral value to the state the activity is in: 0 for not working, 1 for work in progress, 2 for starved, and so on. Finally, the Add work to queue does what it says, it adds an item to a queue: the queue for delivery AT305699, which when it enters the queue allows the activity to gather it and start working, simulating a delivery.

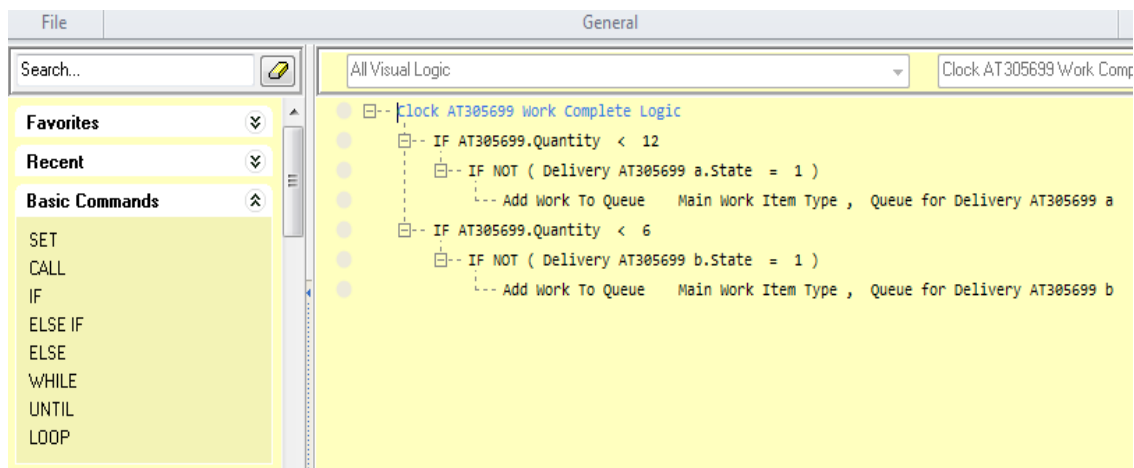


Figure 5 Example of a Visual Logic code.

Thus if the quantity of AT305699 is under twelve units and there is no delivery in process, one item is added in the queue just before the activity “delivery AT305699”. When there is an item in that queue the activity immediately use it to start working, and eight hours later delivers a batch of six items in the queue AT305699.

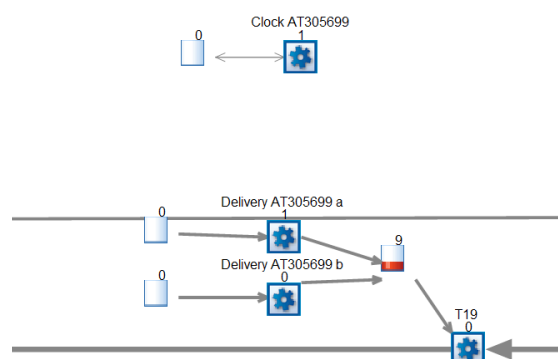


Figure 6 The AT305699 from Simul8 window.

This method does not simulate a kanban system explicitly, but it models an approximate situation. The last problem was related with the requirement of only one item in each branch of workstations. This meant that there could be only one item either in queues or in an activity in the tasks T27, T28, T29 and T30 for example, or in the T5a, T6a, T7a and T8a. This was relatively straightforward

to deal with. There are two limitations for an activity to start working: there are enough items in every queue before the activity (when there are several, a label sheet is used) and there is an operator free. Then the activity takes every item it needs, and starts working. The first limitation was used to have only one item in each workstation branch. A queue was added before the first activity of the last station, and the activity can only start when there is an item in this queue. The queue is also linked after the last activity of the workstation, which delivers products: one goes to the newly created queue, enabling the workstation to load a new product, and the other continues its course to the next workstation (See Figure 7).

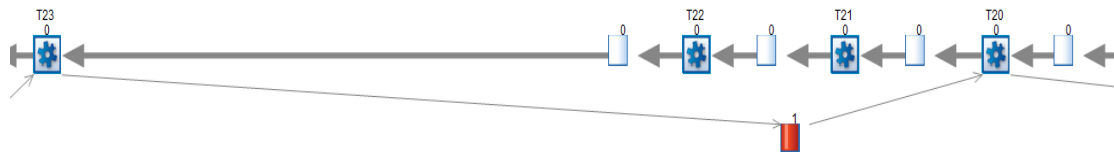


Figure 7 Modeling the constraint requiring only one item per workstation branch.

This solution was used on every workstation, except for the workstations 4 and 5. The fact that these two workstations worked in parallel was complicating the method. The activity T9 was supposed to send back an item either in the “Work station 4 empty” queue or in the “Work station 5 empty” queue depending from where did the product originated. Moreover, activity T9 was releasing batches of two products (one being the products, would continue to activity T10, the other would go in the workstation queue where it is due), and using the alternate route mode, which allows the activity to alternate between “routing out” solutions would alternate between the three options, first one for T10 and one for work station 4, then one for T10 and one for work station 5, and one last for both workstations. At first, this could not work as it was intended. After a few tests with the routing out options, the solution was found. First, to differentiate from which workstation the product originated from, a label would be created and applied to the product at the first activity. Then, a visual logic code at the entrance of task 9, after loading, would check the label and based on which workstation the product originated from, would add an item to the “work station ready” queue. This solution was used only for those two workstations, as the first way was working perfectly fine with the others.

### 3.1.4. Comparison among different sequences.

At this stage, the components were all dealt with, as it was the sequence at the entry. The model was working as intended and it was as close as it could be to the real production line. The last thing to make this model useful was to find a way to compare different sequences. This is where questions such as: “What criteria will we use to compare sequences?” or “How will a different sequence react?” arise. Simul8 collects significant amounts of data during the simulation, and it can be visualized through graphics and statistics. For example, the average content of a queue, the average time an activity is working, and other interesting information can all be gathered. After some thought, what seemed to be the most important data was “how long is the component’s queue at 0?” this situation would cause the line to stop due to component shortage and would slow the production rate.

To evaluate a given sequence, and decide whether it is a good sequence or not, it was necessary to test other sequences. For this reason, different sequences were created and tested using procedures based on the ideas presented in [9], which are in turn based on the heuristics proposed by Monden [8]. These sequences are shown in Table 3. In addition to that, seven random sequences were tested (all with the same number of each product type).

Table 3 Different sequences obtained through Monden heuristic based procedures.

Heuristic	Randomized	Bk Suma	Result
1 Step	No	249,2	E-B-C-D-A-C-B-D-C-A-C-B-D-E-B-C-A-C-D-B-C-B-D-C-A-E-B-C-D-A-C-B-C-D-B-E-C-A-D-B-C
2 Step	No	229,6	C-B-D-A-C-E-B-D-C-A-C-B-D-E-B-C-A-C-D-B-C-B-D-C-A-E-B-C-D-A-C-B-C-D-B-E-C-A-D-B-C
2 Step	Yes	226,2	C-B-D-A-C-E-B-D-C-B-C-A-D-C-B-E-A-C-D-B-C-B-D-C-A-E-B-C-D-A-C-B-C-D-B-E-C-A-D-B-C
3 Step	No	227,6	C-B-D-A-C-E-B-D-C-A-C-B-D-C-B-E-A-C-D-B-C-B-D-C-A-E-B-C-D-A-C-B-C-D-B-E-C-A-D-B-C
3 Step	Yes	226,2	C-B-D-A-C-E-B-D-C-B-C-A-D-C-B-E-A-C-D-B-C-B-D-C-A-E-B-C-D-A-C-B-C-D-B-E-C-A-D-B-C

The results are shown in Table 4. The Total column indicates the total amount of time that component queues are at 0. For the task that needs several components, the results of each component were added. This method would later be improved.

First of all, it can be seen that the first sequence is absolutely not optimized. A randomized sequence on average will have better results. It can be noticed that all the sequences made through the Monden heuristic, with the exception of the 1-step method, all have the same result. It can be explained by the very closeness of the sequences, with differences that are so small that

they have no effect on the model. Table 4 also shows which task slows the system, but does not show which component specifically is slowing the line.

Table 4 Results of the different sequences.

Sequence number		T8	T11	T15	T17	T18	T19	T27	T30	T32	T35	T36	T37	T43	Total
1	Heuristic Student	277	282			65		51			245	334		40	1294
2	Random probability 1	23	307					54			236	221		96	937
3	Random probability 2	29	327					67			409	205		28	1065
4	Random probability 3	35	289					63			69	150		36	642
5	Random probability 4	12	338					38			106	203		3	700
6	Random probability 5	110	194					95			329	140		2	870
7	Random probability 6	586						71			240	77		27	1557
8	Random probability 7	406						63			177	35		47	1170
9	1 Step (41)			556				55			192	160			719
10	2 Step non Random (41)		312	442				53			189	141			695
11	3 Step non Random (41)		312	312				53			189	141			695
12	2-3 Step Random(41)		312					53			189	141			695

The reason why improved sequences are still having line stops is that the kanban system was not perfectly implemented. What was implemented was an approximate solution that behaves almost like a kanban system but does not entirely reproduce all its features.

### 3.1.5. Optimization of the model.

As it was seen, the kanban system was not perfectly implemented, and the solution had limitations. For this reason, there was a real need for improvement. Through tests and runs with the 2-3 step randomized sequence, while changing the number of kanbans, the model was improved.

Table 5 Result of the best sequences after changes in the number of kanbans.

		Results													
Sequence number		T8	T11	T15	T17	T18	T19	T27	T30	T32	T35	T36	T37	T43	Total
12	2-3 Step Random		312					53			189	141			695
	3Step Random first changes		373								189				562
	3 Step Random second changes		373											23	396
	3 Step Rand third changes		304												304

After the tests, the number of kanbans required changes for a few components.

## 3.2. New sequences.

### 3.2.1. Testing the new sequencing on the partial kanban model.

After the execution of the first trials of the model, the goal of the study shifted. The idea was now to improve and test the production line model in various situations, with many different sequences.

At this point, the actual way to implement the sequence on the Simul8 software needed to be changed in order to test the model with many different sequences. The method used until here (the cycle matrix) was forcing the creation of a new Simul8 file for every new sequence, and changing the matrix was taking more than half an hour per change. After some research, it was found a new method to solve that particular problem. It was possible to use a CSV file (Comma Separated Values), and to make the Start point use it to make it produce the items according to the sequence. After a few tests and tries, it was added to the model. It was now possible to change the sequence by just selecting different CSV files.

The second thing to do was to determine what sequence will be tested. After some discussion, it was decided that there would be a sequence with an equal number of each product, and then sequences that stressed one particular product type, or two particular product types. Once it was decided, each sequence was determined according to the 2-step randomized heuristic. It was quicker than the 3-step random, and almost as efficient. Then the twenty CSV files were created using MSEXcel.

The third change was a new way of gathering the important data. It was based on a clock, checking when the activity was starved, and how many times it happened. The data were stored in queue, and gathered through the content of the queue at the end of the simulation. Moreover, the average content of the queues will also be gathered.

Finally, the last change was not a change in the model, but a change in the experimentation process. Using the trial run option, it was possible to gather the information upon multiple runs. Until here, the results were obtained through unique runs, but that feature allows to have a broader range of results. One run is subject to a lot of randomness; all of the activity's times were settled to

have a normal distribution, meaning 90% of the time they would be within  $\pm 25\%$  of the mean time. This means that 90% of the delivery would take between six and ten hours. With such a huge disparity, which would lead to possible misunderstandings, the multiple run trial was a requirement. Moreover, the software allows calculating how many runs are needed, based on the data that is collecting. With approximately 460 runs needed to have the results within  $\pm 5\%$  of margin error, each run taking approximately five minutes to complete.

After looking through the results several things could be inferred: Two components had an average content too low, and were probably causing some stops (T162018, R664026) and three components had very high average content, and could do with a reduction of the number of kanbans (T78602, T200364, CE19089).

The changes were made and the model was retested to have new results.

The new results showed that the changes were successful: the stocks that were too high were lowered without affecting the stop time, and the added kanbans eliminated the stop time for most of the tasks, except for T11 and T8 that still have significant stop time.

A new kanban was added, to try to reduce the stop time of T8 and of the subassembly, which was causing the stop time for T11, but it only increased the average content without affecting the stop time. This high value is due to an entire different reason. The way of calculating the amount of time each activity spends as "starved" includes the time the activity could work, but does not have the manpower to do so. The very high values found for the tasks T8 and T11, are due to worker shortage on workstations 4 and 5. These workstations are the bottleneck of the production line, even though the line is divided in two workstations to lower its impact.

### **3.2.2. Complete kanban model.**

The partial kanban implementation had reached its limits. It was time to extend the kanban system to all the components. One problem was the uniform container capacity, not suited for the components needed in high quantities for every product. To determine the proper size of the containers, it was decided to test different "standard" container sizes, and see which ones are best suited for each component. The container sizes are the following: 30, 50, 100, 150, 200, 250, and 500.

While testing and adjusting the number of kanbans and the container size, the kanban system was still the same. After runs and tests the number of kanbans and the container size were settled, it was decided to improve the kanban system.

Until then the system had some issues. In certain occasions, it did not behave as a kanban system would. The system worked this way, the clock was checking if the quantity was below a certain value, each value being the start of a new container, and if no delivery for this container were in process, it would then ask for a delivery. The problem is that, it often happened that when two or three deliveries were in process at the same time, it would resolve an additional delivery, the system was not counting the fact that the following delivery would raise the quantity level above the limit. For example, a component has a level quantity of eight units. The level twelve and eighteen are both passed, and thus two deliveries are in process. The first arrives, the level is at fourteen, the clock checks the level, it is under eighteen, there is no delivery of the "level 18" in process (it has just arrived) and ask for a new delivery. The second delivery arrives, the level is now twenty, above the level eighteen, and there is another delivery in process. This would not happen in a kanban system. For this reason, the visual logic was changed.

The new system, checks every level lower than itself, and can ask for a delivery only if there are no deliveries in process for those levels. This will eliminate the problem. Nevertheless, there are still issues with that system that will be addressed later.

A second change was made at this stage. The system to measure the data at the end of the runs was changed. What was important was whether the line would stop because of a lack of components, the other reason, not caused by this, is not linked to the kanban system. For this reason, only the average quantity of the components in stock, the amount of time spent with not enough components for a product to pass the task and the average quantity of final product produced are being collected. The average quantity and the quantity of final product are very easy to collect, thanks to the options of the result manager feature, but the other data needed visual logic coding. A simple code that would increase the right queue when the component level is 0, or less than the highest quantity of components used for one product was created.

Finally, it was decided to reduce the number of sequences tested, as it was very time consuming to test them all in over 450 runs each. The sequences kept were all putting stress on different resources, to have the largest scope of different possible results. It was also decided to make runs based on two weeks time, with the sequence of products running as many products as it was possible.

With all those changes the runs could start. Using the same method as before, running the simulation a great number of times (calculated for each sequence) the results were collected. The results led to some changes in the number of kanbans.

### 3.3. Real Kanban Model.

#### 3.3.1. First tries.

In order to try to make the real kanban system work, the first idea was to have a visual logic code running on a clock, and instead of checking when the stock was under a certain level, the model would check when the stock hit the first item of the next container (17 or 11, for containers of six units of capacity). This was working well for the components, which are used in one unit or nothing for each product. However, when the components were used in different amounts for each product type, the system was not working properly.

The second idea was to check when the quantity was changing from over the level to under the level. This would always work, but the issue was that it needed to save information somewhere; it was not just reading information present in the system. To this end, global variables that would save the quantities of the components were created, one for each component that was used. Then the question was: when should the quantity be updated in the global variable? The obvious answer would be, after every check of the actual level, and right after a delivery. Unfortunately, the visual logic language does not allow attaching code to the queues, and attaching it to the delivery activity, at “after loading out” did not register the new quantity (there is a very small delay from exiting the activity to entering the queue, even with a travel time of 0).

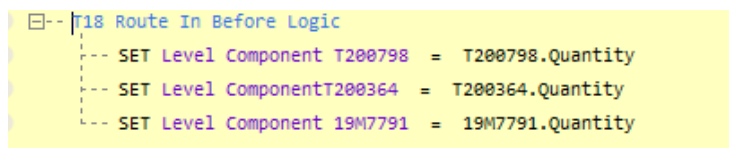
It was decided to try without updating the quantity level after a delivery, and to only update after the system compares the two values. The code was not put on a clock (which would sometimes lead to errors, but directly to the “Routing In” of the activities where components were added. This means that every time the activity would take a new item and enter the “working state”, the visual logic code would compare the old quantity in the global variable with the new quantity, sending or not an order of delivery, to update the global variable value.

This was working fine except in very specific cases. When the component is resupplied from a delivery, it would not update the global variable. In most cases, this had no impact, and the global variable would update with the following product entering the activity. However, in very particular cases, when the component stock has just finished a container, and has received a delivery, the next check should ask for a new delivery and would not. Because the global variable had not been updated, the visual logic does not see the “opening of a new container” and does not order a delivery. This would lead to loss of kanbans, and eventually the stocks that had three or four kanbans would finish the two weeks with no delivery in process and one container left.

#### 3.3.2. Finding the way.

After several attempts, the solution was found. The entire idea was to play with the place where to attach the visual logic code. The best moment to update the global variable is not after a comparison or after a delivery comes in, the best moment is just before the activity takes the item. Looking through the places where to attach the visual logic codes (some are well hidden in options) the “before selecting” place was found. It was not accessible while the label/sheet was active, probably a bug, since once the label/sheet is deactivated, the code inserted, and the label/sheet activated again, both work perfectly fine.

Figure 8 shows the visual logic code attached to the T18 activity. It updates three global values (Level component T200798, T200364, 19M7791) because three components are added at this stage.

The image shows a screenshot of a software interface with a yellow background. At the top left, there is a small icon and the text "T18 Route In Before Logic". Below this, there are three lines of code, each starting with "-- SET Level Component" followed by a component ID and an equals sign and another component ID. The first line is "-- SET Level Component T200798 = T200798.Quantity", the second is "-- SET Level ComponentT200364 = T200364.Quantity", and the third is "-- SET Level Component 19M7791 = 19M7791.Quantity".

```
-- SET Level Component T200798 = T200798.Quantity
-- SET Level ComponentT200364 = T200364.Quantity
-- SET Level Component 19M7791 = 19M7791.Quantity
```

Figure 8 Visual Logic, Before Selecting, T18.

Figure 9 depicts the visual logic code attached “after loading” of the T18 activity. The T200364 and T200798 parts are closed for a clearer view. The first comparison is a remainder of the previous code and is not necessary anymore; it was only kept because it was separating the comparison of different components. The lack of AND is very visible here, forcing series of IF.

This solution worked perfectly, there were no “kanban losses” and the deliveries were all ordered at the right time. The system was reacting exactly like a kanban system was supposed to.

With the new system, it was necessary to readjust the number of kanbans. The tests were rerun the sequences to gather new results.

From the results of the tests, this could be concluded: The R29194 and CE19089 component still were causing stops in the line, and would need an additional kanbans. A new version of the model was created, with one more kanban for both of these components. The model was tested and the results showed that the stops caused by the two component disappeared. Table 6 shows the results of the simulation experiment in terms of the average stock of the components and the total



quantity of final products. It was decided that the model as such would be considered as the final version. Final views of the model are shown in Figures 10, 11, and 12.

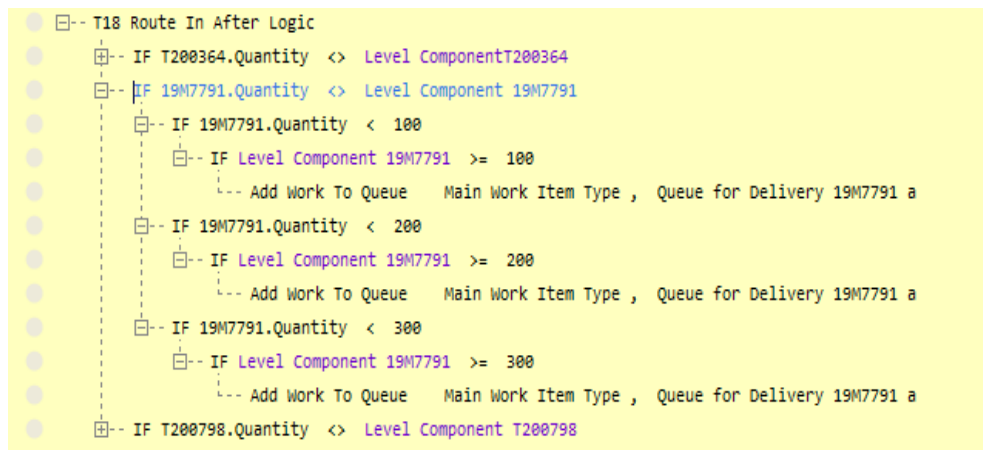


Figure 9 Visual Logic, After Routing In, T18.

Table 6 Average stock and final product quantity.

	T8/T32/T30	T8		T10	T11	T11	T15	T17	T27	T37
Average component size	U17409	T78662	R29194	19M8610	19M7960	Prem. Lâgrima	prem Tambor	prem Corona	prem Porta	prem freno
9 8 8 8 8	54,10	50,18	20,36	139,98	284,82	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
21 5 5 5 5	53,11	50,18	18,74	139,32	282,41	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
5 5 21 5 5	56,96	50,18	22,88	139,39	289,85	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
5 5 5 5 21	58,72	50,18	19,12	143,93	282,64	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
15 15 4 4 3	54,84	50,18	18,30	144,67	281,33	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
15 4 4 3 15	55,23	50,18	17,94	137,34	280,85	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
4 15 4 15 3	54,02	50,18	21,26	144,52	286,64	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
4 4 15 3 15	58,29	50,14	20,91	137,33	286,38	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78
Mean	55,66	50,18	19,94	140,81	284,37	2,53	0,88	2,05	1,55	1,78

T18	T19	T26	T28	T32	T35		T36	T38		T43	Final product				
T200798	19M7791	T200364	AT305699	19M7493	19M8306	T78602	CE18313	25M3827	24M7029	T162018	24M7345	19M7908	CE19089	R664026	
11,89	160,67	9,47	11,62	60,82	187,19	12,99	7,65	11,45	11,45	7,74	116,51	93,96	9,65	9,69	192,82
8,70	153,48	9,47	10,80	54,54	187,19	10,03	6,17	6,92	6,92	6,04	116,51	91,23	9,65	7,37	193,04
12,84	167,38	9,47	14,80	63,03	187,09	17,92	9,89	10,84	10,84	6,11	116,51	99,53	9,65	11,39	192,82
12,85	167,53	9,47	11,06	62,84	187,19	17,74	9,99	10,89	10,89	6,17	116,51	91,78	9,65	11,45	192,82
10,23	149,11	9,47	10,51	52,83	187,21	8,53	5,32	10,54	10,54	8,47	116,52	95,62	9,65	6,24	192,81
10,22	159,01	9,47	10,51	57,42	187,19	14,52	8,45	7,51	7,51	5,41	116,51	90,14	9,65	9,22	192,82
13,16	159,03	9,47	10,75	63,37	187,21	8,99	5,59	16,04	16,04	11,00	116,52	85,81	9,65	9,19	192,81
13,28	167,29	9,47	13,33	63,24	187,19	20,14	11,21	10,23	10,23	5,39	116,51	95,60	9,65	9,89	192,82
11,65	160,44	9,47	11,67	59,76	187,18	13,86	8,03	10,55	10,55	7,04	116,51	92,96	9,65	9,31	

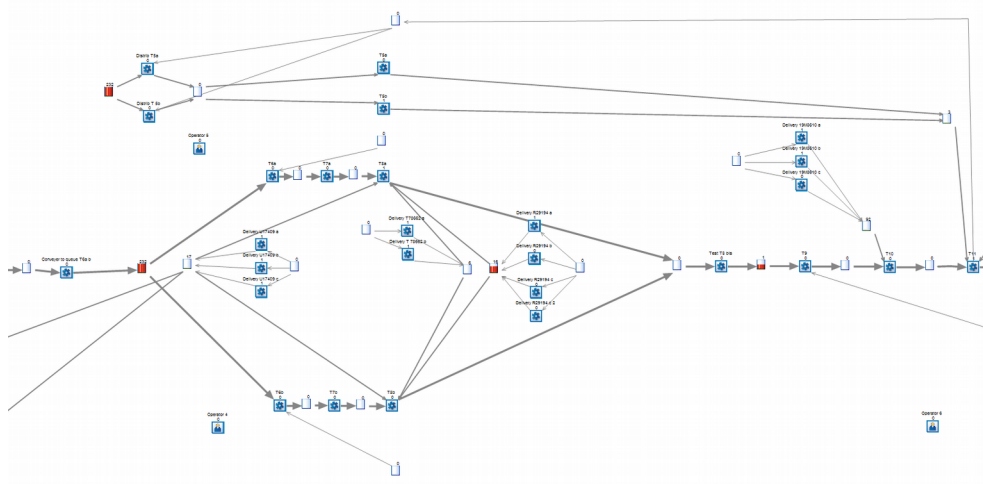


Figure 10 Workstations 4, 5, 6.

#### 4. CONCLUSIONS.

Concerning the Simul8 model, the final version is working as expected, with every significant detail included in the model. The kanban system is configured and working perfectly as intended, managing the stock and avoiding any material shortage. The major issue is the bottleneck at the workstations 4 and 5. The solution could be to distribute some tasks from workstations 4 and 5 to the workstations 3 and 6, or add an extra worker on the two stations, because this is the place that is slowing the system.

The incorporation of more detailed information in the model could produce a more precise representation of the system. Simul8 features can add efficiency, repair time and breakdown time, work cycles, employees' shift and break times, travel times and much more that can be considered in order to be included in the model. This would be the next step to undertake with the aim of reducing the differences between reality and the model.

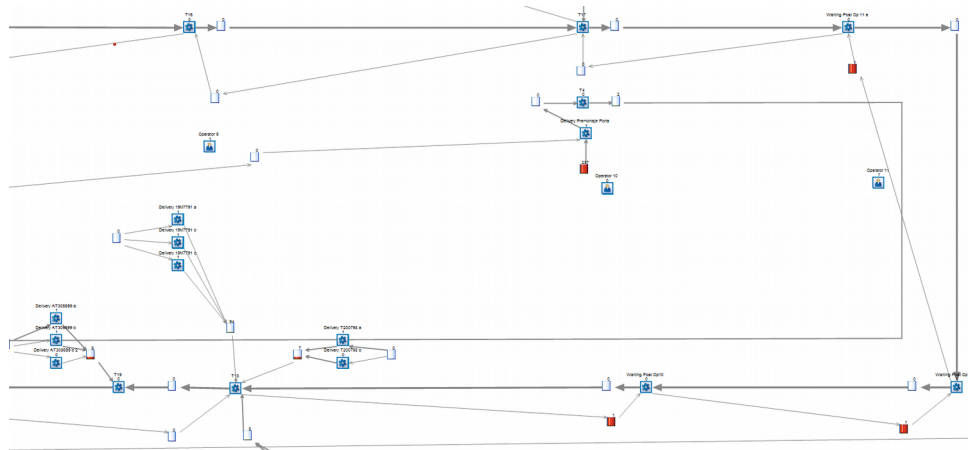


Figure 11 Workstations 9, 10, and 11.

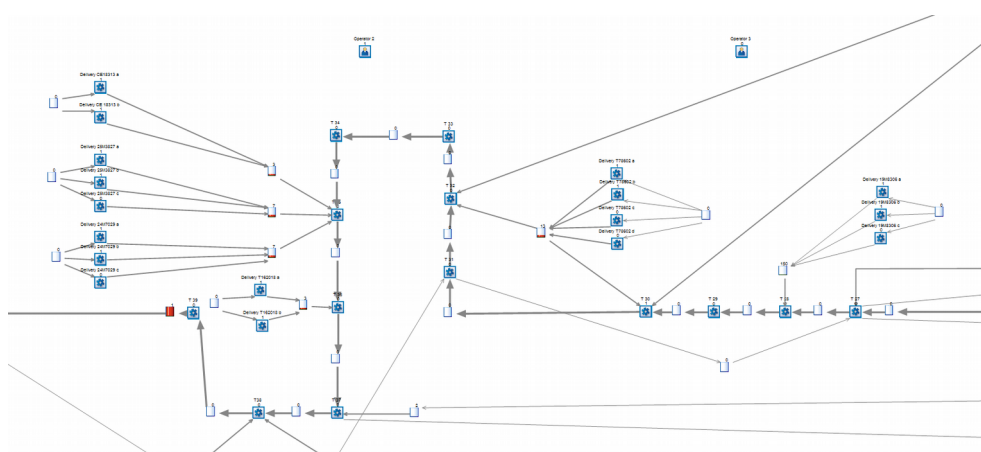


Figure 12 Workstations 2 and 3.

## 5. REFERENCES.

- [1] Pardo, Leandro; Valdés, Teófilo. (1987). *Simulación: Aplicaciones prácticas en la empresa*. Madrid. Díaz de Santos, S. A.
- [2] Shannon, R. E. (1975). *Systems simulation (The art and science)*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.
- [3] Evans, James R.; Olson, David L. (1998). *Introduction to simulation and risk analysis*. New Jersey. Prentice Hall.
- [4] Pidd, Michael. (1998). *Computer simulation in management science*. Chichester. John Wiley & Sons.
- [5] Banks, Jerry; Carson, John S.; Nelson, Barry L.; Nicol, David M. (1996). *Discrete-event system simulation*. New Jersey. Prentice Hall.
- [6] Macías Domínguez, Miguel Ángel. (2010). *Diseño de una línea de montaje de modelo mixto según metodología lean manufacturing en John Deere Ibérica, S.A.* Proyecto Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Ingeniería Industrial.
- [7] Concannon, Kieran; Elder, Mark; Hunter, Kim; Tremble, Jillian; Tse, Stanley. (2003). *Simulation Modeling with SIMUL8*. USA. Visual Thinking International Ltd.
- [8] Monden, Yasuhiro. (1994). *Toyota Production System. An Integrated Approach to Just-In-Time*. New York. Chapman & Hall.
- [9] Bautista, J.; Companys, R.; Corominas, A. (1996). "Heuristics and exact algorithms for solving the Monden problem". *European Journal of Operational Research*. Vol. 88, no. 1, pp. 101-113.

## **Aknowledgements**

The authors of this work wish to thank the funding received from the Universidad Nacional del Sur for the research project PGI 24 / J077 and PGI 24 / ZJ35.



# ANALISIS DE SUELOS RURALES APLICANDO LOGICA DIFUSA

DIRECTOR: Mg. Ing. XODO, Daniel/*Independencia 160 Tandil (7000)*/[daniel.xodo@gmail.com](mailto:daniel.xodo@gmail.com)

INVESTIGADOR: Mg. Lic. MATASSA, Marcelo Daniel/*Monferrand 1373 Trenque Lauquen- (6400)* [mdmatassa@hotmail.com](mailto:mdmatassa@hotmail.com)

ALUMNO: GALMES, Alberto Federico/*Levalle 53 Trenque Lauquen-(6400)* [fede-galmes@hotmail.com](mailto:fede-galmes@hotmail.com)

## RESUMEN.

Las operaciones rurales de siembra o cosecha, con maquinaria agrícola de grandes dimensiones suele tener riesgos asociados a las condiciones del suelo que provocan roturas, dificultades de circulación e incluso pérdidas importantes de tiempo de trabajo y en dinero para el empresario. Determinar los riesgos asociados según las condiciones del terreno puede significar importantes economías en labor agrícola. Los principales factores que condicionan el riesgo son: régimen de lluvias, profundidad de las napas y características edafológicas del suelo. Estos interactúan mutuamente como variables y determinan los riesgos de accidente o dificultades operativas. Dado que es difícil cuantificar su incidencia mediante mediciones sistemáticas, el trabajo presenta una alternativa de clasificación de riesgos por área o sector determinado a partir de la combinación de las variables mediante lógica difusa (Fuzzy Logic). Los datos a utilizar son información del Servicio Meteorológico Nacional y de la oficina de INTA local y relevamiento de datos rurales.

La aplicación del método Mamdani de lógica difusa, permitirá determinar las condiciones de riesgo asociado a las labores de siembra y cosecha. A partir del desarrollo de la clasificación de las áreas puede ser determinado un mapa que, acotado temporalmente, determine el nivel de riesgo asociado a cada sector.

**Palabras claves:** Suelos – Riesgos – Variables - Clasificación - Lógica Difusa.

## ABSTRACT

The activities of the agricultural tillage teams usually lead to accidents that mean work stoppages, losses due to the recovery of rural machines and high costs caused by events linked to working conditions. The main factors that determine the risk are: rainfall regime, depth of the layers and characteristics of mineral and vegetable components of the soil. These factors interact with each other as variables and determine the risks of accidents or operational difficulties. Given that it is extremely difficult to quantify its incidence through systematic measurements, the work presents an alternative for risk classification by area or sector determined from the combination of the variables by fuzzy logic (Fuzzy logic). The data to be used are information from the National Meteorological Service and the INTA office and rural data collection. The application of the Mamdani method of fuzzy logic allows to analyze the different samples and to optimize the risk, which is presented in the agricultural sector from the development of the classification of the areas can be determined sector that identifies each soil, for the election of the type of crop or its use.

**KEYWORDS:** Soils - Risks - Variables - Classification - Fuzzy Logic.

## 1. INTRODUCCION

Determinar los riesgos asociados según las condiciones del terreno puede significar importantes economías en la labor agrícola. Fijar objetivos para analizar las variables en estudio. El uso del programa Matlab y la aplicación de Lógica difusa y el método Mamdani, permitirá analizar las condiciones de riesgo asociado de siembra y cosecha. Se analizan dos muestras de suelo, para su utilización y evitar el cultivo no adecuado, con las futuras pérdidas económicas a productores.

La aplicación permite relacionar variables de diferente naturaleza, para definir la optimización de lotes y suelos, armando reglas con las combinaciones posibles y los valores que componen cada muestra, por su composición biológica y mineral, y los factores de clima o humedad, utilizando los registros meteorológicos, proporcionados por mediciones de entes oficiales como INTA o productores locales y zonales.

### 1.1. Objetivo principal

Determinar el tipo de suelo y los riesgos asociados a las condiciones de trabajo en lotes determinados mediante técnicas de lógica difusa.

### 1.2. Objetivos complementarios

Determinar la propiedad de la metodología para cada muestra.

## 2.-. METODOLOGIA:

Agrupar las variables, de acuerdo a su composición física y sus condiciones climáticas, que influyen en la optimización, para su uso.

Asignar magnitudes escalares, para encuadrar a cada muestra en estudio.

Modificar escalas o adaptar las magnitudes escalares, dentro de zonas difusas, para ver en qué proporción se muestra de forma más óptima.

## CRONOGRAMA:

**1era. Etapa:** Etapa descriptiva en referencia a las distintas necesidades de aplicación:

**2da. Etapa:** determinar las variables en estudio y definir las en su composición física y las características por su ubicación geográfica.

Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

**3ra. Etapa:** Seleccionar una herramienta aplicando lógica difusa, que permita determinar con métodos no lineales, los valores óptimos, que promedien las distintas variables en estudio.

**4ta. Etapa:** Evaluar cada suelo en estudio y asignar los valores, dentro de las tabulaciones en estudio y determinar la comparación observada en cada muestra en estudio.

**5ta. etapa:** Observar y escribir las conclusiones observadas.

Comparar y ordenar de acuerdo a los resultados, el orden y prioridad de aplicación de las distintas muestras. Optando por las variables en estudio y sus componentes.

### 2.1. Análisis de las variables:

Elegimos cuatro variables que influyen en forma directa, para poder clasificar y ponderar la optimización y uso de los suelos, compuestos por arena, limo (componente de residuos orgánicos y vegetales, que proveen minerales nitrógeno), arcilla y aire (oxígeno).

**2.2 ARIDEZ:** La aridez es la falta de agua y humedad de los suelos y el aire que se encuentra en contacto con él.

**2.3. ACIDEZ:** Mide los iones positivos y negativos de H que contiene el suelo. Afecta directamente la cantidad de nutrientes que componen el suelo y el potencial de productividad del mismo. Puede ser ácido, neutro o poco ácido.

**2.4. HUMEDAD:** Es la cantidad de agua que contiene el suelo, o almacena en la superficie por volumen de tierra. Se tiene en cuenta si es por factor gravimétrico u otro.

**2.5. ANEGAMIENTO:** Es una característica del suelo relacionada al encharcamiento o retención de agua, relacionada con la capacidad del suelo para permitir el paso de un fluido, sin alterar la estructura y composición del mismo. Dentro de la variable se estudia la **anoxia:** Falta de oxígeno en el suelo por exceso de agua e **hipoxia:** Falta parcial de agua.

La permeabilidad: Estimar de acuerdo al índice de permeabilidad de cada suelo, de acuerdo a sus tres componentes limo, arena, arcilla.

### 3. Sistemas de lógica difusa:

Un Sistema de Lógica Difusa (FLS) maneja datos numéricos y lingüísticos a la vez. Este sistema es un mapeo no lineal de un vector de datos de entrada en un escalar de salida. En el caso de un vector de salida, este puede descomponerse en una colección independiente de sistemas "múltiple entrada / simple salida".

La riqueza de la lógica difusa consiste en que hay numerosas posibilidades de manejar lotes de mapeos diferentes. Esto requiere una comprensión cuidadosa de lógica difusa y de los componentes de un sistema de lógica difusa.

Un sistema de control difuso mapea entradas crisp en salidas crisp. Contiene cuatro componentes: reglas, fusificador, motor de inferencia y defusificador. Una vez que las reglas han sido establecidas, un FLS puede ser visto como un mapeo que puede ser expresado cuantitativamente como

$$Y=f(X). \quad (1) \text{ función de } X.$$

Las reglas pueden ser provistas por expertos o extraídas de datos numéricos. En todo caso, son expresadas como una colección de sentencias IF-THEN. De las reglas se debe conocer:

- Variables lingüísticas en contraposición a los valores numéricos de una variable (muy\_cálido vs. 36 grados centígrados).
- Mixtas: Son las reglas que utilizan los conectivos "AND" y "OR" en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar de lógica crisp.
- Estados Difusos: Estas reglas no tienen antecedentes. Ej.  $v \text{ is } G'$ . Puede completarse de la misma forma que los IF incompletos.
- Comparativas: Son del tipo "el menor de  $u$ , el mayor de  $v$ ". Se pueden reformular estas reglas al formato estándar. En este caso: IF  $u \text{ is } S$  THEN  $v \text{ is } B$ , donde  $S$  representa el conjunto difuso "el menor" y  $B$  representa al conjunto difuso "el mayor".

Con excepción: Algunas reglas usan el conectivo "al menos que" y son llevadas al formato estándar por medio de las operaciones lógicas, incluyendo las leyes de De Morgan. Ej:  $v$  El fusificador mapea un punto crisp  $x=(x_1, \dots, x_n) \in U$  en un conjunto difuso  $A^*$  en  $U$ . Cuando el conjunto difuso  $A^*$  contiene un solo elemento, la operación supremo en la composición sup-star desaparece.

#### 3.1. Defusificación

El proceso de defusificación toma el conjunto difuso que es la salida del bloque de inferencia y produce una salida crisp. Es decir, mapea conjuntos difusos en puntos crisp. Muchos defusificadores, han sido propuestos en la literatura, sin embargo, no hay bases científicas (ninguno de ellos ha sido derivado de un principio tal como "la maximización de la información difusa" o "la entropía") consecuentemente para algunos autores, la defusificación es más un arte que una ciencia. Existen diferentes tipos de defusificadores, entre los más importantes se encuentran:

### Defusificador Centroide (Centroid)

Determina el centro de gravedad  $\bar{y}$  de  $B$ , conjunto difuso mayor y usa ese valor como salida del Sistema de Lógica Difusa. Del cálculo se obtiene:

$$y = \frac{\int_S y \mu_B(y) dy}{\int_S \mu_B(y) dy} \quad (2) \text{ Y= Conjunto difuso mayor}$$

mayor

dónde  $S$  denota el soporte de conjunto difuso menor de  $\hat{\mu}_B(y)$ :  $S$  es discreto, así que  $\bar{y}$  puede ser aproximado con la siguiente fórmula:

$$y = \frac{\sum_S y \mu_b(y) dy}{\sum_S \mu_B(y) dy} \quad (3) \text{ Y= Conjunto difuso menor}$$

menor

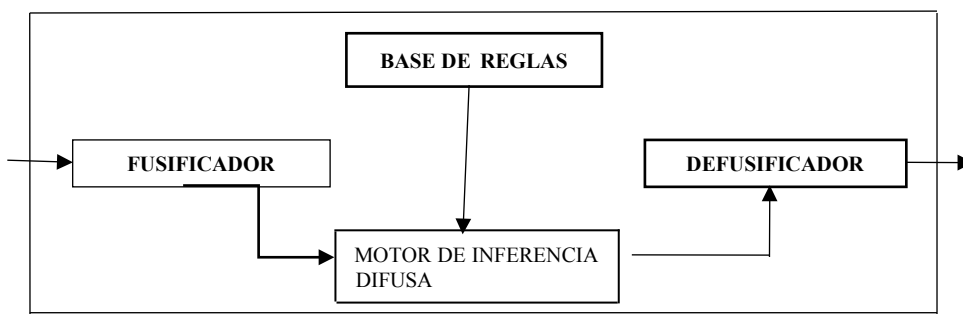
El centroide posibilita determinar la salida menor, para ponderar la optimización de variables, con el mínimo valor de salida, determina, que tipo de composición y valor tiene cada variable en estudio.

### Modelo Difuso de Mamdani

La configuración del modelo difuso de *Mamdani* se muestra en la Figura 1. En esta clase de modelos difusos, las reglas difusas *IF-THEN* son de la forma:

$$R^i : \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } x_2 \text{ is } A_2^i \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^i \text{ THEN } y \text{ is } B^i=0 \quad (4) \text{ Regla difusa}$$

Las principales ventajas del modelo difuso de *Mamdani* se especifican a continuación. Primero, su simplicidad en la representación de las reglas difusas, tanto las premisas como los consecuentes tienen forma de conjunto difuso lo que facilita su interpretación. Segundo, su flexibilidad en la materialización debido a la posibilidad de seleccionar las operaciones del motor de inferencia, del fusificador o defusificador.



**Figura 1. Modelo Difuso de Mamdani.**

La principal desventaja de este modelo difuso es que para sistemas complejos no lineales usualmente se requieren muchas reglas difusas *IF-THEN*, lo cual hace más compleja su materialización.

1. Los conectores lógicos para variables lingüísticas (*and, or...*).
2. Las implicaciones (*IF a THEN b*).

### 3. Cómo combinar un conjunto de reglas.

El justificador mapea valores numéricos crisp en conjuntos difusos. Es necesario para activar reglas, que están en términos de variables lingüísticas y tienen asociados conjuntos difusos.

El motor de inferencia de un FLS mapea conjuntos difusos en conjuntos difusos, mediante la combinación de reglas "IF-THEN". Como los humanos usan distintos tipos de procesos de inferencia, para entender cosas o tomar decisiones, un FLS puede usar distintos procedimientos de inferencia difusa. El defusificador mapea conjuntos de salida difusos en números crisp. En aplicaciones de control, tales números corresponden a las acciones de control a tomar.

Las formas de las funciones de pertenencia más comúnmente usadas son: triangular, trapezoidal, lineal por segmentos y Gaussiana. Dichas formas son seleccionadas por el usuario arbitrariamente, basado en su conocimiento y experticia. Se obtiene mayor resolución usando funciones de pertenencia sujeta al costo de un aumento en la complejidad de cálculo. Las funciones de pertenencia no tienen que solaparse, pero una de las ventajas de Lógica Difusa es que tales funciones pueden ser diseñadas para solaparse, de tal forma que por ejemplo pueda expresarse que *"una puerta está parcialmente abierta o parcialmente cerrada al mismo tiempo"*. Así, es posible distribuir decisiones sobre más de una clase de entrada, lo cual ayuda a construir Sistemas de Lógica Difusa robustos.

La elección de una herramienta de uso general y de conocimiento en su aplicación, hace que el MATLAB, sea la herramienta para agrupar y ponderar las variables en estudio.

#### 3.2. Matriz

La matriz para justificar las reglas a aplicar en si "and" si "and" si "and" then:

ENTRADA

SALIDA

ARIDEZ	ACIDEZ	HUMEDAD	ANEGAMIENTO	COEFICIENTE DE SALIDA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO
MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIA
BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
NO TIENE	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	BAJO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	ALTO	BAJO	MUY ALTO
BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	MEDIO
MEDIO	NO TIENE	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO

MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO

#### 4. TABULACION PARA LA MUESTRA:

**ARIDEZ:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja;{6; 7; 8; 9 y 10}

Media: {4; 5; 6 y 7} neutra ó media

Alta: {0; 1; 2; 3; 4 y 5}

**ACIDEZ:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

**HUMEDAD:** Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} estable

Alta: {6; 7; 8; 9 y 10}

**ANEGAMIENTO, ANOXIA E HIPOXIA:** Tabulamos para aplicar el método del centroide, para cada muestra en estudio, de acuerdo a la estructura y condiciones del suelo.

Baja;{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7}

Alto: {6; 7; 8; 9 y 10}

La muestra elegida para la aplicación de esta herramienta, utilizando las ponderaciones de cada una de las variables elegidas: ARIDEZ, ACIDEZ, HUMEDAD y ANEGAMIENTO o ENCHARCAMIENTO en la superficie permanente (Se opta por la muestra con Hipoxia (falta parcial de oxígeno), Anoxia (Ausencia de oxígeno)).

Para este caso en estudio la muestra en estudio, con los valores elegidos a un tipo de suelo medio con un 40% de arena, limo 40 % y arcilla 20%, con aireación, con presencia de oxígeno parcial 25% y agua 25% (permeable).Ejemplo: **Maíz**.

#### 5. ANALIS DE LAS MUESTRAS

Si tomamos la muestra para un suelo medio con valores:

ACIDEZ de tabla {5, 6, 7} = 5,50

ARIDEZ: {5, 6, 7}= 5,50

HUMEDAD: {5, 6}= 5,70

ANEGAMIENTO E HIPOXIA: {4, 5, 6, 7}= 5

El resultado obtenido de la conjunción y ponderación para la aplicación óptima, para una muestra de estas características: (Se muestra en gráfico de superficie). Ponderación óptima 6,46.-

La utilización del MATLAB permite, relacionar las variables, con sus escalas de ponderación, independientes en cada muestra, mostrando los valores difusos y la optimización de cada variable, de características y naturaleza distinta en su composición biológica y minerales, en estudio. El gráfico de superficie muestra la relación de las variables en estudio aplicando el método del centroide, con la tabulación de cada regla y permite analizar cada muestra de suelo en estudio y asignar la aplicación correcta para cada cultivo.

Variando las combinaciones de las variables, por ejemplo, si tomamos las reglas comunes, y las variables que modifican en mayor o menor valor, la elección del tipo de suelo. Las reglas se arman de la forma IF-AND-THEN-y la variable de salida y la prioridad es con salida "Muy alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja.

### GRAFICO DE SUPERFICIE:

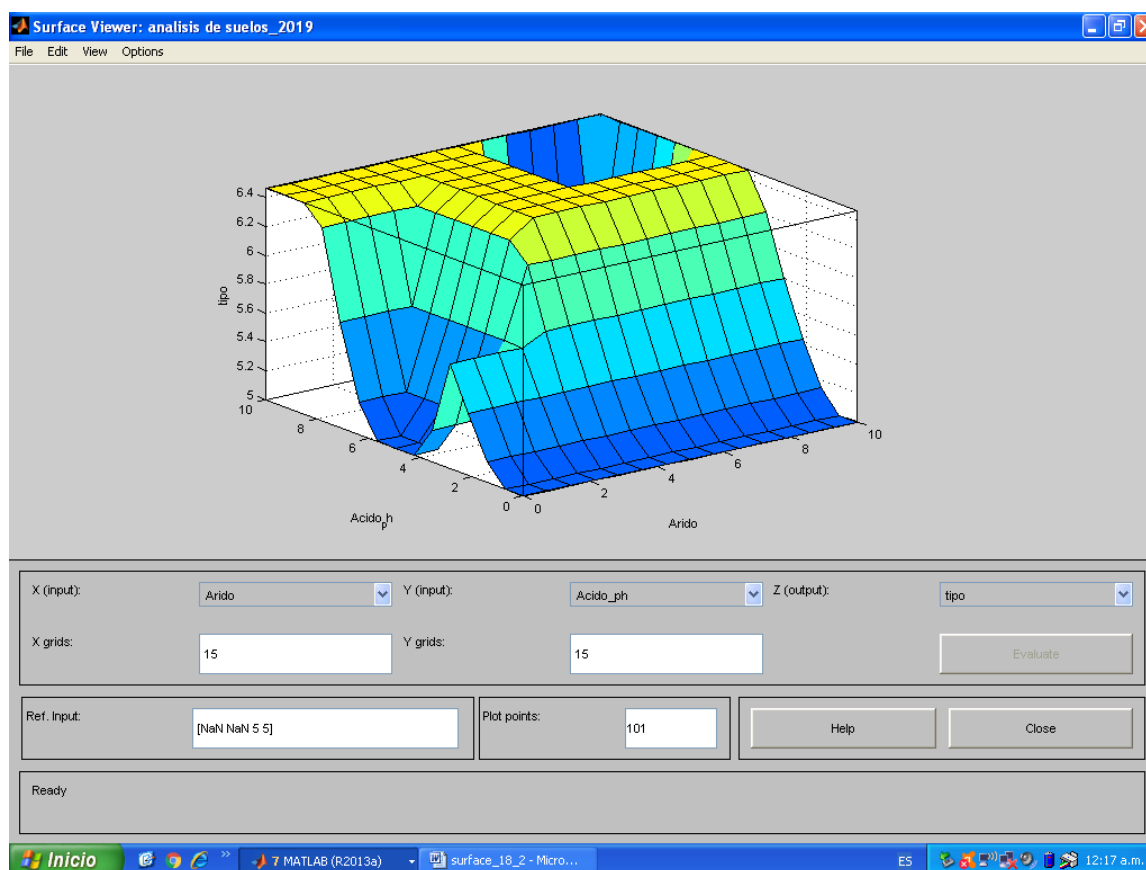


Figura 2: Gráfico de superficie muestra nro.1

### 5.1. CONCLUSIONES: MUESTRA NRO.1

La variable ACIDEZ incide con los porcentajes de sales que componen la muestra.

ARIDEZ presenta en forma homogénea sus componentes de arena en 20%, limo (40%) y arcilla (40%).

HUMEDAD: muestra la presencia de agua por precipitaciones y la cantidad de agua que contiene el suelo, con permeabilidad estable.

HIPOXIA: Presenta una presencia de oxigenación del 50% y en forma estable. No presenta ANEGAMIENTO en superficie.

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación **6,46** y se da en las siguientes combinaciones de variables:

Regla N° 46: Si ARIDEZ no "y" ACIDEZ media "y" HUMEDAD media "y" HIPOXIA "entonces" SALIDA media.-

Regla N° 51: Si ARIDEZ no "y" ACIDEZ media "y" HUMEDAD media "y" HIPOXIA "entonces" SALIDA media.-

Regla N° 59: Si ARIDEZ media "y" ACIDEZ no "y" ACIDEZ no "y" ANEGAMIENTO no SALIDA media.

Regla N° 109: Si ARIDEZ no "y" ACIDEZ no "y" HUMEDAD media HIPOXIA media "entonces" SALIDA media.

Regla N° 114: Si ARIDEZ no "y" ACIDEZ" no "y" HUMEDAD media "y" ANOXIA "entonces" SALIDA media y media alta.

Se analiza otra muestra de suelo con características diferentes de las variables en estudio:

### GRAFICO DE SUPERFICIE: 2DA. MUESTRA

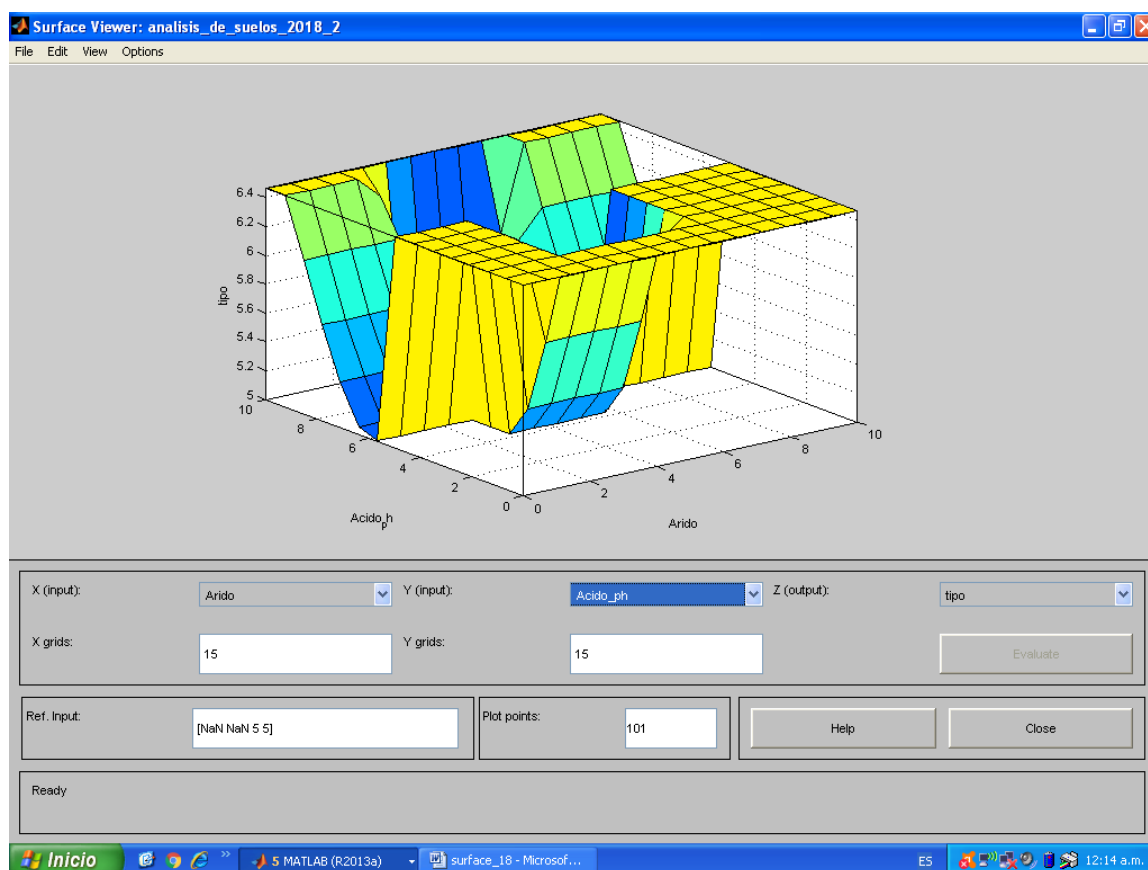


Figura 3: Gráfico de superficie muestra nro.2



ACIDEZ: {5,31; 5,5 y 6}= 5,30

ARIDEZ:{6; 7 y 7,5}= 7.05

HUMEDAD:{6; 6,14 y 6,50}= 6,15

HIPOXIA Y ANEGAMIENTO:{4,5; 5; 5.30 y 6}= 5

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación 5,41 y se da en las siguientes combinaciones de variables:

Regla N° 46: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ media “y” HUMEDAD media HIPOXIA media “entonces” SALIDA media.

Regla N° 51: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ” alta “y” HUMEDAD alta “y” HIPOXIA alta “entonces” SALIDA baja.

Regla N° 109: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ no “y” HUMEDAD media HIPOXIA media “entonces” SALIDA media.

Regla N° 114: Si ARIDEZ no “y” ACIDEZ” no “y” HUMEDAD media “y” HIPOXIA “entonces” SALIDA media y media alta.

## 5.2. CONCLUSIONES MUESTRA NRO.2

La muestra de la regla 46 y 51 no presenta modificaciones de aridez, se mantiene la humedad constante con un valor 5,05 y aumenta el porcentaje de arena en su composición, pero baja el contenido de residuos orgánicos y vegetales, para optimizar la muestra, que baja a 5,41. El método del centroide muestra los valores mínimos del conjunto de las variables en estudio y su punto óptimo de salida, de la tabulación de la matriz utilizada.

Si aumenta la presencia de oxígeno y la aireación del suelo es constante, evitando el anegamiento y permeabilidad, para drenaje de agua, baja en arcilla y la composición de residuos orgánicos y vegetales (limo), mantiene el coeficiente de salida bajo a 5,41.

La concentración de humedad y bajo drenaje del suelo, sube el componente de arcilla (30%), baja la oxigenación y la hipoxia con baja, el suelo requiere subir los componentes orgánicos y vegetales (limo), porque sube el coeficiente de aptitud a 6,46 en la muestra nro.2.

## 6. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO:

. La herramienta lógica difusa permite relacionar variables de diferente naturaleza, y en escalas distintas de cuantificación, que pueden modificarse por condiciones climáticas, por exceso o falta de lluvias y las variaciones estacionales de la temperatura, estimadas por distintos registros propios o proporcionados por entes oficiales o privados.

. Hace posible definir en forma escalar las ponderaciones de cada variable, a fin de ponderar y maximizar los valores alcanzados en zonas difusas, definiendo su conjunto de pertenencia o grupo, como se observa la muestra nro.1 para el maíz, con ponderación óptima 5.45.

. Para las muestras escogidas para análisis de los distintos tipos de suelo, reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que más influyen para optimizar su uso o elección.

. Los componentes biológicos, minerales y las condiciones ambientales, influyen en forma independiente en de cada variable en estudio.

. Las variaciones estacionales y los períodos de tiempo escogidos para cada análisis, son independientes de los resultados obtenidos.

. La defusificación de zonas difusas, que interactúan en la composición del suelo, es independiente de los resultados ponderados, pudiendo modificarse su composición original o los períodos estacionales, tomados en cada muestra. Cada nueva medición está relacionada con los factores que componen la muestra de suelo, aplicando las técnicas óptimas, para selección y uso de cada resultado obtenido.

Cada aplicación de suelo analizado, tiene una definición de variables y componentes definidos y estables, para su posterior utilización.

. Las nuevas técnicas de estudio, abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que modifican la aplicación para usos y agricultura, que se relacionan en forma directa con las condiciones ambientales y factores del clima, propios de cada lugar.

. Si comparamos los resultados obtenidos en la muestra nro.2 con valor promedio óptimo de 6.46 y La ponderación óptima evita el riesgo económico, en la elección del cultivo o actividad agrícola para cada tipo de suelo en estudio. Cuando la humedad del suelo es permanente y la falta de permeabilidad por la concentración, disminuye el paso de oxígeno aumentando la anoxia, a las 48 horas comienza a disminuir la actividad biológica de la planta, en período de emergencia (maíz). A las 72 horas pierde un 20% de actividad biológica y a las 96 horas, pierde totalmente la capacidad biológica.

. La falta de Nitrógeno en la composición del suelo y falta de agua, disminuye la capacidad germinativa, por lo que el productor tiene que agregar componentes químicos para fijarlo de forma abiótica (sin aplicación de microorganismos) o con la aplicación (Rhizobium) para sustituir y aumentar el contenido para llegar al período de llenado de granos.

. En suelo poco permeables, con alta concentración de agua (anegamiento) y el uso de agroquímicos en forma indiscriminada o no biológicos, no permite el paso de oxígeno, siendo suelos de menor potencial germinativo y productivo, aumentando el riesgo económico, favorece las condiciones de proliferación de larvas de insectos, como el gusano Trips, gusanos soldado, araña roja, gusano cogollero, etc. en la siembra afecta el ciclo fenológico del maíz, hasta llegar a la madurez biológica (90 días), para llegar a la madurez comercial (130-150 días).

. La elección de suelo óptimo en nivel de acidez (PH) es entre 6 y 7, que componen las sales y minerales en los suelos, con Nitrógeno, fósforo, Calcio y Magnesio, para evitar riesgos, en la siembra y período de cosecha del maíz.

. La alta concentración de sales (PH entre 8 y 9), disminuye la permeabilidad y aumenta el riesgo de la proliferación de hongos (Fusarium), provocando estrías, en el granos de maíz, cuando alcance la madurez comercial (130 días).

. La humedad del suelo, relacionado al ciclo estacional de lluvias y la concentración de sales, produce anegamiento y falta de piso para realizar laboreo agrícola, genera un riesgo económico, que se puede prevenir con la elección del suelo adecuado, evitando pérdidas de inversión significativas.

#### **REFERENCIAS:**

[1] Tomas Arredondo Vidal.2014. "Introducción a la lógica difusa"04/2014.pdf

[1,2] Lázzari, Luisa L. Machado, Emilio A.M. y Perez Rodolfo H. 1999 "Teoría de la decisión Fuzzy". Edic. Macchi Bs.As.03/1999-

[1,3] Bonilla, Raúl M. 2010. "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". Universidad complutense Madrid.2010-2011.

[2] INTA Análisis y composición de los suelos. 2017. Informes del INTA Composición de suelos agrícolas 2017.

[2,1] INTA. 2017. Registros del clima y Tipos de suelos.

[3] Informes del Servicio Meteorológico Local.2018.

**Agradecimiento:** Los autores de este trabajo agradecen al Depto. De Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen–UTN.

# Uso de la técnica IDEF-SIM en el modelado conceptual de la simulación de una línea productiva en una empresa de envases flexibles.

Acosta Esteban <sup>(1)</sup>; Fernández, Marcelo Oscar <sup>(2)</sup>; Chiodi, Franco <sup>(3)</sup>; Leal, Fabiano <sup>(4)</sup>; Montevechi, José Arnaldo, <sup>(5)</sup>.

*Instituto de Industria. Universidad Nacional de General Sarmiento, Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires*

*(1) eacosta@ungs.edu.ar; (2) mfernandez@ungs.edu.ar, (3) fchiodi@ungs.edu.ar;*

*Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá*

*Av. Bairro Inheirinho 1303, Itajubá, Brasil.*

*(4) fleal@unifei.edu.br, (5) montevechi@unifei.edu.br*

## RESUMEN

Existen diferentes herramientas para realizar el modelo conceptual de un sistema productivo. Sin embargo, son muy pocos los que son desarrollados con el foco directamente en una simulación de procesos. En particular, Leal (2008) creó la técnica IDEF-SIM para el modelado computacional en proyectos de simulación, con el objetivo de obtener una interfaz directa con el software computacional. En ella se utiliza un conjunto de símbolos que permiten representar el sistema que se está modelando, permitiendo una traducción fácil del modelado computacional además de registrar el mismo.

Este documento desarrolla el modelo conceptual de una línea de productiva de una empresa de envases flexibles utilizando la herramienta IDEF-SIM. Posteriormente se construye el modelo computacional utilizando el Software con licencia académica de Promodel®, el cual es verificado y validada. Posteriormente se realiza un análisis de ventajas y desventajas acerca del uso de la técnica IDEF-SIM para la construcción del modelo antes mencionado. Por último, se proponen algunas oportunidades de mejoras.

Este trabajo es uno de los resultados de la cooperación internacional entre la Universidad Nacional de General Sarmiento (Argentina) y la Universidad Federal de Itajubá (Brasil), dentro del proyecto de investigación de "simulación de procesos como herramienta para la toma de decisiones empresariales".

**Palabras Claves:** Modelado conceptual, simulación, IDEF-SIM, Modelo computacional.

## ABSTRACT

There are different tools to make the conceptual model of a productive system. However, very few are developed with the focus directly on a process simulation. In particular, Leal (2008) created the IDEF-SIM technique for computational modeling in simulation projects, with the aim of obtaining a direct interface with computer software. It uses a set of symbols that allow to represent the system that is being modeled, allowing an easy translation of the computational modeling as well as registering the same.

This document develops the conceptual model of a productive line of a flexible packaging company using the IDEF-SIM tool. Subsequently, the computational model is built using the academic license of Promodel® Software, which is verified and validated. An analysis of advantages and disadvantages is made about the use of the IDEF-SIM technique for the construction of the model. Finally, some improvement opportunities are proposed.

This work is one of the results of international cooperation between the National University of General Sarmiento and the Federal University of Itajubá, within a research project of "process simulation as a tool for business decision making".

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Simulación de sistemas: conceptos y etapas

Al analizar las distintas formas para mejorar un sistema, lograrlo podría implicar modificaciones en la estructura de la organización y en la implementación de un plan estratégico efectivo (ALRABGHI *et al.*, 2013). A su vez, también sería posible mejorarlo a través de métodos de reingeniería de procesos, que consiste en la revisión sistemática de los mismos y la aplicación de metodologías de análisis crítico, cuyos resultados podrían proporcionar posibles mejoras a implementar con el fin de perfeccionar el desempeño del proceso (HARRINGTON *et al.*, 1999).

La modificación de procesos podría traer consigo riesgos y costos elevados por la introducción de cambios físicos en el sistema. Dichas modificaciones podrían incluso no ser una solución para los problemas que hacen que el sistema no alcance la eficiencia esperada

Con un mercado cada vez más competitivo y exigente, es necesario identificar métodos que permitan la mejora de procesos; soluciones que minimicen costos y con un grado alto confiabilidad. (ALRABGHI *et al.*, 2013).

Se propone a la simulación como una alternativa para mejorar sistemas, sin necesidad de interferir físicamente en sus actividades; posibilitando su visualización de forma más clara y pudiendo lograr una reducción de costos, contribuyendo así todos estos factores al proceso de toma de decisiones de los analistas involucrados en el mejoramiento del sistema (ARAGÃO, P., 2011).

Simular un sistema consiste en la aplicación de herramientas de diseño y computacionales para poder imitar el funcionamiento de un modelo real y posibilitar el análisis de su comportamiento en un entorno virtual libre de riesgos y con un costo menor. Mediante la simulación es posible reflejar el comportamiento de un proceso productivo a través de determinados datos de entrada, como los recursos y tiempos involucrados en la producción. El modelo del sistema podrá ser imitado sin necesidad de una implementación real, permitiendo modificar las variables que en él intervienen y haciendo posible identificar su comportamiento ante diversos escenarios (BANKS, J., 1984).

En este marco, esta publicación tiene como objetivo desarrollar el modelo conceptual de una línea de productiva de una empresa de envases flexibles.

En cuanto a la implementación de un proyecto de simulación de sistemas, según lo propuesto por Montevechi (2010), para crear un modelo efectivo existen tres etapas bien diferenciadas: concepción, implementación y análisis; cada una de ellas compuesta por operaciones a realizar para alcanzar el objetivo (Figura 1) (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

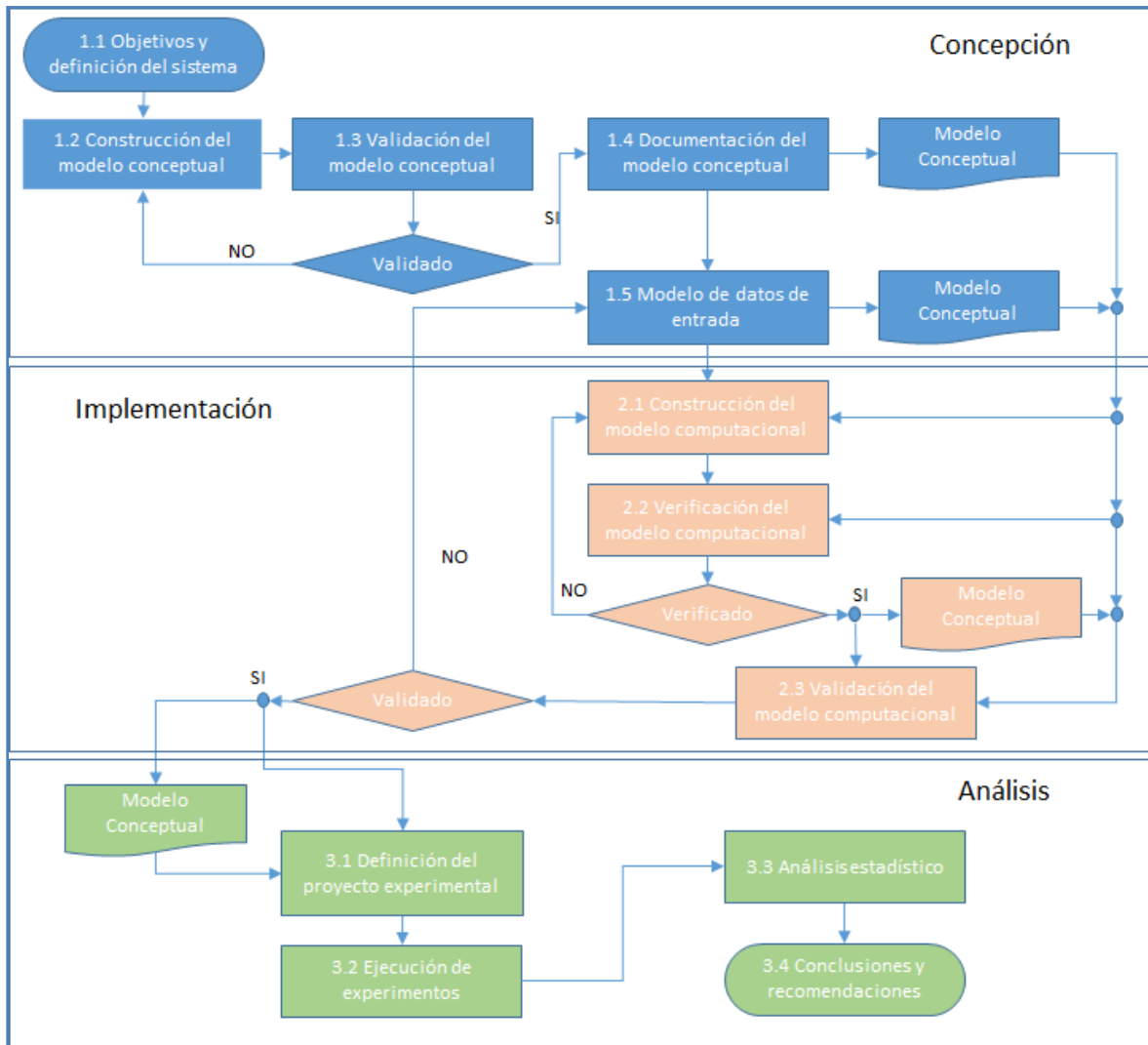


Figura 1. Etapas para la realización de modelos según Montevechi.

Según lo propuesto por el autor, en la etapa de **concepción** debe establecerse como los datos serán incluidos en el modelo y la estrategia de modelaje que se aplicará (modelo matemático que represente el sistema, nivel de abstracción y alcance que tendrá el modelo sobre el sistema representado). Además, se deberá realizar la recolección de datos del sistema mediante métodos de estudio del trabajo y toma de tiempos. Luego, éstos serán analizados y se encuadrarán dentro de un modelo estadístico. Al finalizar la construcción del modelo conceptual y su modelo de datos, se validará su diseño mediante pruebas específicas y comparación con muestras provenientes del sistema real. Al validar el modelo construido se establece una medida de la “calidad” del modelo construido.

Montevechi establece que en la etapa de **implementación** se realizará la construcción del modelo computacional, que posteriormente también será validado para comprobar su eficacia. Para que el modelo computacional sea exitoso, previo a su construcción deberá realizarse la representación esquemática del modelo, que dará soporte al lenguaje de programación de la simulación computacional. Actualmente no existe mucha documentación sobre técnicas y normativas para poder representar por medio de algún diagrama los modelos conceptuales para simulación (LEAL *et al.*, 2008); problemática que intentamos mitigar aplicando la técnica IDEF-SIM para la traducción del modelo conceptual y su adaptación a la programación.

Por último, en esta **etapa de análisis** se pone a prueba el modelo por medio de la experimentación, es decir, la ejecución del modelo computacional para la obtención de resultados en la simulación de un determinado escenario (MONTEVECHI *et al.*, 2010). A partir de los resultados arrojados por la simulación, podría suceder que los resultados sean suficientes para tomar decisiones o que fuese necesario repetir simulación para obtener más datos y precisión

estadística para decidir (ARAGÃO, P., 2011). Por último, los resultados son documentados y se registran las sugerencias para próximas ejecuciones.

## 1.2. Técnica IDEF-SIM: conceptos y metodología de aplicación

La técnica IDEF-SIM (del inglés Integrated Definition Methods for Simulation) determinado y su traducción a la lógica de programación de una herramienta de simulación computacional. Esta técnica surge a partir de la necesidad de reducir la complejidad de la implementación del modelo conceptual en un proyecto de simulación y utiliza conceptos de normas ya existentes como IDEF0, IDEF3 y flujogramas de proceso (LEAL et al., 2008). Esta técnica debe ser implementada en la **fase de concepción** del proyecto de simulación, tal como lo señala la figura 1.

Para lograr este objetivo, los símbolos utilizados en IDEF-SIM representan los elementos de un sistema, éstos son: las entidades, el flujo de materiales y las estaciones de trabajo que operan dentro de un proceso determinado. La aplicación de esta técnica también proporciona un diagrama representativo de la lógica detrás de la programación del proyecto simulado, puesto que en su confección se detallan las relaciones lógicas entre las entidades del modelo conceptual.

Para aplicar con efectividad la técnica IDEF-SIM, será importante seguir la secuencia de pasos que propone el autor Fabiano Leal; que, si son aplicados de manera sistemática, existirá una gran posibilidad de éxito en los resultados de la simulación del modelo conceptual del sistema (LEAL et al., 2008).

- 1) **Definir el alcance objetivo.** Se debe conocer la porción del sistema que será diagramada utilizando la herramienta y que posteriormente será simulada. Deben estar claramente identificados el inicio y final del modelo, pues en caso de no definirlo claramente, se podría complejizar innecesariamente el sistema y obtener resultados confusos o que estén influidos por algún otro sistema adyacente al que intentamos simular.
- 2) **Diagramar el proceso.** Una vez definido el alcance de trabajo, es recomendable realizar un diagrama de flujo para comprender el entorno en el cual está inmerso y del que forma parte nuestro proceso.
- 3) **Relevamiento de datos.** Para un modelado y simulación efectivos, se debe recolectar toda la información que sea posible sobre el sistema a simular. Los datos relevados deben ser analizados y depurados, filtrando toda aquella información que no sea pertinente o contamine el ámbito de trabajo definido previamente. Así mismo, todos los datos del proceso se deben encuadrar dentro de algún modelo estadístico para que posteriormente sea posible describir los datos relevados y sus comportamientos dentro de la lógica del software de simulación.
- 4) **Identificación de elementos del sistema.** Una vez preparados los datos relevados para su utilización, se debe analizar el ámbito de trabajo con el objetivo de reconocer todos aquellos elementos presentes en nuestro sistema. Se comienza por reconocer claramente los puntos donde comienza y termina el proceso, los ingresos de nuevas entidades al sistema, las estaciones de trabajo y las transformaciones que en ellas se realizan a las entidades, los puntos de bifurcación/decisión y las funciones lógicas que los gobiernan, los recursos involucrados y los movimientos y transportes dentro del sistema. Además, será de vital importancia conocer los tiempos vinculados con cada una de las operaciones y movimientos dentro del sistema.
- 5) **Diagramar modelo aplicando IDEF-SIM.** Aplicando los símbolos estandarizados para cada elemento, se deben representar todas las entidades, operaciones, movimientos/transportes y funciones lógicas del sistema, tal como se ejemplifica en la Figura 2.

6)

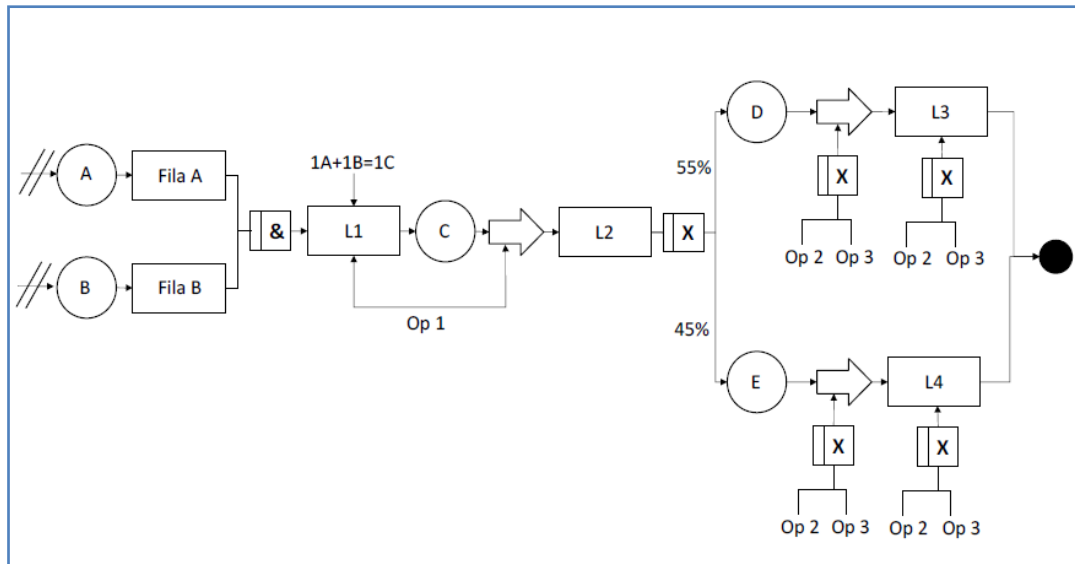


Figura 2. Ejemplo de diagrama aplicando simbología IDEF-SIM. Autor: Leal, Fabiano

**Simulación computacional.** El siguiente paso consiste en la utilización del diagrama generado en el paso anterior para programar la lógica de la simulación bajo el entorno de algún software destinado a ese propósito (ej. Promodel®, FlexSim®, Arena®, etc). Luego de programar la lógica y habiendo validado que ésta sea correcta, se procederá a la ejecución de la simulación.

7) **Análisis de resultados.** Al finalizar la simulación, se obtendrán sus resultados. Inicialmente, estos datos deben ser analizados y se deberá verificar su validez mediante comparación con datos conocidos obtenidos del sistema real. Una vez verificado el correcto funcionamiento de la simulación, sus resultados podrán comenzar a ser considerados para el proceso de toma de decisiones o incluso modificar las variables del proceso y crear escenarios del estilo “*what-if?*” para considerar modificaciones del sistema o inversiones en el mismo.

8) **Documentación de los resultados.** Habiendo ejecutado satisfactoriamente la simulación y analizados los resultados, será importante que se documente el modelo y sus resultados, de manera que estos puedan ser distribuidos en un formato estructurado, con sugerencias del analista y posibilitar la participación en la toma de decisiones a los distintos mandos jerárquicos de la compañía. Posteriormente, estos documentos deben almacenarse para su reutilización en futuros análisis de negocio.

## 2. MODELADO CONCEPTUAL CON IDEF-SIM EN UNA LÍNEA PRODUCTIVA DE ENVASES FLEXIBLES.

La empresa que servirá como caso de estudio en este proyecto es de origen argentino, perteneciente a la industria del plástico. La compañía es una firma líder en el mercado de envases plásticos flexibles y cuenta con una amplia experiencia y trayectoria. Su misión principal consiste en enfocarse en la creatividad, innovación y calidad de punta, lo que hace que constantemente se reinvente y su paradigma principal sea la mejora continua de sus procesos y recursos.

A continuación, se desarrollan cada uno de los pasos propuestos en la literatura.

**Fase 1:** el objetivo de este proyecto será analizar, mediante un proyecto de simulación, el proceso de gestión de mantenimiento de la empresa, estudiando una de las líneas productivas de la compañía, para luego evaluar distintas políticas de mantenimiento con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la planta.

**Fase 2:** Para la aplicación de la metodología se restringe al proceso de Confección dentro de la línea productiva, tal como se puede observar en el **diagrama de procesos**, en la Figura 3. Nuestro objetivo será obtener el valor de los indicadores *MTBF* (tiempo promedio entre fallas), *MTTF* (tiempo máximo transcurrido hasta la falla) y *MTTR* (tiempo promedio de duración de falla),



que son utilizados en el protocolo de mantenimiento RCM (Reliability Centred Maintenance ó Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

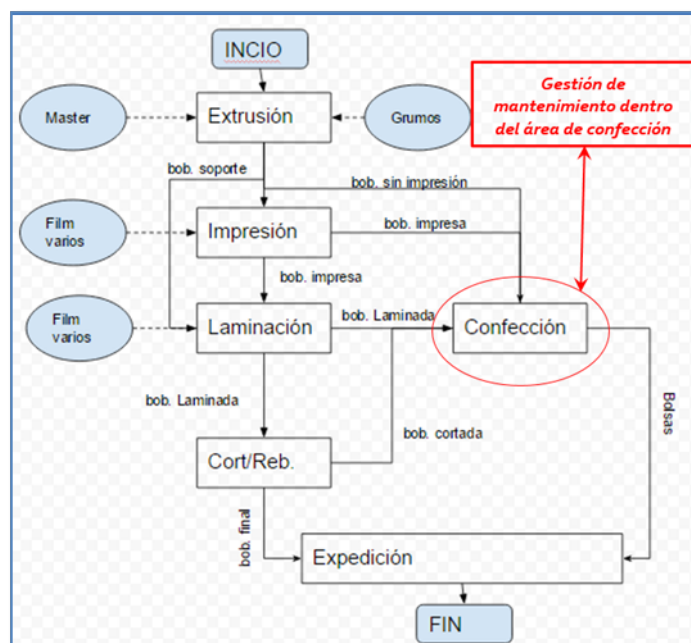


Figura 3. *Ámbito de trabajo sobre el cual se aplicará IDEF-SIM.*

**Fase 3:** Para lograr una simulación efectiva, fueron **recolectados todos los datos** relacionados con el sistema y su entorno. Para su obtención fueron utilizadas técnicas de estudio de métodos y tiempos, y sondeo al personal sobre las particularidades del proceso. Por otro lado, se extrajo la información digital registrada por las máquinas involucradas en el proceso. Finalmente se procedió a registrar dicha información y a prepararla para su posterior utilización. En las Figuras 4 y 5 se puede visualizar la estructura y formato de los datos utilizados para la simulación.

Una vez obtenida la información, la misma fue sometida a un proceso de análisis; eliminando aquella información que no aportaba valor y dejando solamente la que sirviese para dar sustento a la simulación.

Habiendo identificado los datos útiles, se procedió a analizarlos con el software StatFit ®, complemento de Promodel® que permite encuadrar los datos dentro de alguna distribución estadística. En el caso de estudio, la distribución de los datos relevados se aproximó bastante a una distribución normal. La Figura 6 muestra los resultados arrojados por el software:

Estadísticas por tipo de parada						
Proceso	Máquina	Fecha	Mes	Nro Ord Prod	Motivo de Parada	Horas Paradas
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/18		100060003	Cambio de Trabajo	3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/18		100060003	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/18		100060003	Varios Imprevisto	0,45
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/19		100060003	Comida	0,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/19		100060003	Reparación con BLF	1,05
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/20		100060003	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/21		100060104	Cambio de Trabajo	0,2
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/21		100060105	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/21		100060201	Cambio de Trabajo	2,4
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/21		100060201	Reparación con BLF	0,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/22		100060201	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060136	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060136	Varios Imprevisto	0,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060163	Cambio de Trabajo	1
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060163	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060163	Varios Imprevisto	0,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060201	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/24		100060201	Varios Imprevisto	1
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/25		100060163	Ausencia de Personal	1,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/25		100060163	Comida	0,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/25		100060332	Ausencia de Personal	4
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/25		100060332	Cambio de Trabajo	1,15
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/26		100060332	Comida	0,3
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/26		100060332	Reparación con BLF	0,5
CON	C1 - Confeccionadora Chk	2017/04/26		100060332	Varios Imprevisto	4

Figura 4. Estructura de datos relevados (parte 1).

Nro de orden	Familia	Fecha inic.	Fecha final.	Unidades Producidas	Tpo Productivo	Velocidad de producción
100060003	02 - Solapea	18/4/2017	18/4/2017	20000	4,00	5000
100060003	02 - Solapea	19/4/2017	19/4/2017	112000	21,45	5221,45
100060003	02 - Solapea	20/4/2017	20/4/2017	21000	7,45	2818,79
100060104	01 - Simple	21/4/2017	21/4/2017	25000	5,50	4545,45
100060105	01 - Simple	21/4/2017	21/4/2017	23300	5,55	4198,20
100060201	01 - Simple	21/4/2017	21/4/2017	26800	8,30	3228,92
100060201	01 - Simple	22/4/2017	22/4/2017	16000	7,45	2147,65
100060136	08 - Refuerzc	24/4/2017	24/4/2017	200	1,25	160
100060163	01 - Simple	24/4/2017	24/4/2017	11000	6,15	1788,62
100060201	01 - Simple	24/4/2017	24/4/2017	48400	11,95	4050,21
100060163	01 - Simple	25/4/2017	25/4/2017	8900	6,15	1447,15
100060332	02 - Solapea	25/4/2017	25/4/2017	2000	2,45	816,33
100060332	02 - Solapea	26/4/2017	26/4/2017	26600	20,60	1291,26
100060331	02 - Solapea	27/4/2017	27/4/2017	24600	10,70	2299,07
100060332	02 - Solapea	27/4/2017	27/4/2017	3200	1,50	2133,33
100060330	02 - Solapea	28/4/2017	28/4/2017	10000	4,20	2380,95
100060331	02 - Solapea	28/4/2017	28/4/2017	14400	8,70	1655,17
100060329	02 - Solapea	2/5/2017	2/5/2017	17000	6,60	2575,76
100060330	02 - Solapea	2/5/2017	2/5/2017	17200	6,40	2687,50
100060358	02 - Solapea	2/5/2017	2/5/2017	800	1,00	800
100060358	02 - Solapea	3/5/2017	3/5/2017	47500	18,05	2631,58
100060358	02 - Solapea	4/5/2017	4/5/2017	29500	11,70	2521,37
100060358	02 - Solapea	5/5/2017	5/5/2017	15000	7,45	2013,42
100060358	02 - Solapea	8/5/2017	8/5/2017	53500	21,15	2529,55
100060358	02 - Solapea	9/5/2017	9/5/2017	40500	20,80	2370,81
100060358	02 - Solapea	10/5/2017	10/5/2017	33500	22,20	2404,45
100060358	02 - Solapea	11/5/2017	11/5/2017	47800	18,05	2648,20

Figura 5. Estructura de datos relevados (parte 2).

**Fase 4:** Para la realización del diagrama con la aplicación de la metodología IDEF-SIM, en función de la información relevada, se procedió a vincular los elementos presentes en el ámbito de trabajo con los símbolos establecidos por la técnica IDEF-SIM.

Como resultado de dicho procedimiento, se identificaron 15 entidades diferentes, diferenciados en el proceso como distintos tipos de familia de envases flexibles. Las locaciones también fueron 15, siendo cada una de ellas la bodega de almacenamiento de cada familia. Dentro de los recursos utilizados, se dispone de un operador de mantenimiento y un supervisor. Respecto a las operaciones, se identifican las variables que gobiernan y describen al sistema. A continuación, se presenta el resumen de los elementos identificados con su nomenclatura (figura 7):

Elemento	Modelo general	Maquina n (n = 0 to 11)
Entidades	15 familias de envases	/
Locaciones	15 bodegas de almacenamiento de familias	-1 maquina -1 cola
Recursos	-1 supervisor -1 operador de mantenimiento	1 operador
Variables	-15 V_aleatorias de llegada de las familias -15 V_unidades por lote	-1 V_MTBF / familia (tiempo de operación) -1 V_MTTF / parada (frecuencia de falla) -1 V_MTTR / parada (tiempo de falla)

*Figura 7. Tabla de elementos identificados para utilizar en diagrama IDEF-SIM.*

**Fase 5:** Habiendo identificado los elementos, las llegadas y movimientos del proceso y la probabilidad de la ocurrencia de los diversos eventos, se procedió a la realización del diagrama IDEF-SIM del proceso, cuyo gráfico se muestra en la Figura 8.

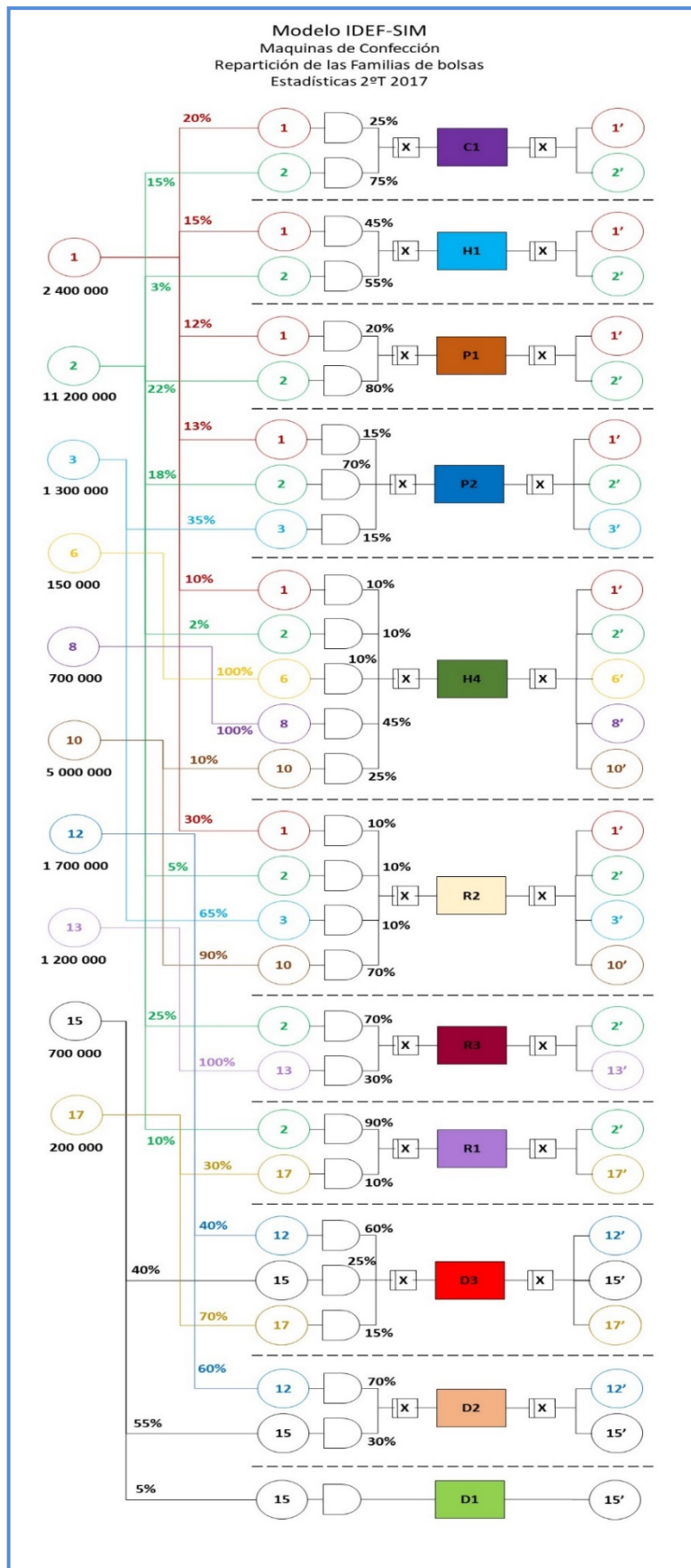


Figura 8. Diagrama del área de Confección aplicando IDEF-SIM.

**Fase 6:** se procedió a programar la lógica de la simulación y a la configuración de los parámetros de simulación en el software Promodel ®. Debido a que para la simulación se utilizó una versión del software con licencia académica, se restringió la simulación al límite de entidades permitido por

dicha licencia. Bajo dicha restricción, se realizó la simulación de las máquinas con dos familias de producto, según Figura 9. La Figura 10 muestra una captura de pantalla del software Promodel.

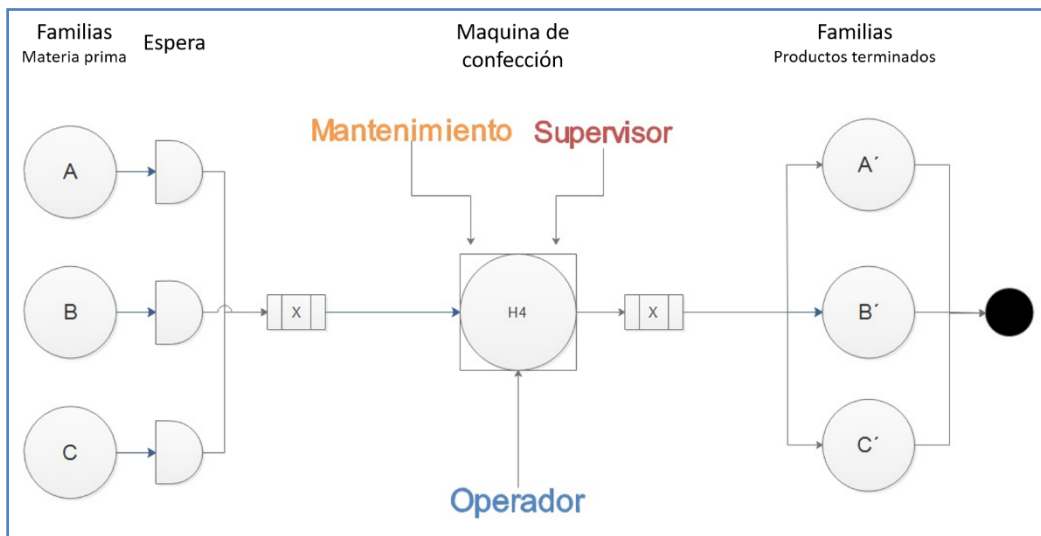


Figura 9. Diagrama IDEF-SIM acotado a Máquina H4.

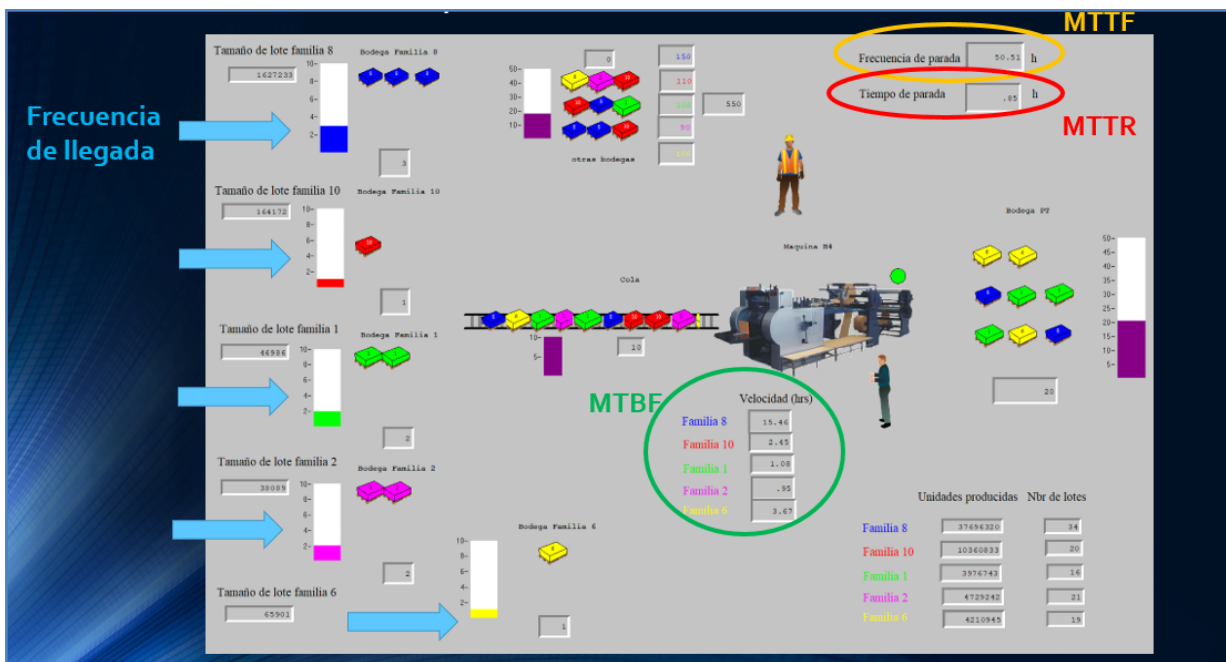


Figura 10. Simulación del ámbito de trabajo en ProModel.

Fase 7 y 8: estas fases quedan pendientes de ejecución.

### **3. ANÁLISIS DE USO DE IDEF-SIM EN LA SIMULACIÓN DE PROCESOS**

A partir del uso de la técnica IDEF-SIM en la simulación del proceso de Confección en una industria de envases plásticos, se pueden enumerar algunos resultados:

- Se ha logrado formulado un modelo conceptual realista del proceso real. Esto implicó un análisis profundo del mismo, para poder modelarlo. Eso significa que se realizó una gran inversión en tiempo para la recolección y análisis de datos, visitas a plantas, charlas con operarios, etc., para una comprensión compleja del fenómeno en estudio. Resulta imprescindible contar además con un analista que posea conocimiento de técnicas de modelaje, recolección de datos y simulación de procesos.
- El modelo actual puede ser ampliado, a un mayor nivel de detalle y profundidad.
- Es posible evaluar escenarios alternativos con tipos de análisis what-if?.
- Al tener previamente diagramado y documentado un proceso con la técnica IDEF-SIM, resulta fácil llevarlo al software de simulación, configurar los parámetros deseados y obtener los resultados para su posterior análisis. Este beneficio es un elemento clave cuando la empresa está inmersa en un mercado altamente competitivo y necesita respuestas rápidas ante diversos escenarios.

### **4. CONCLUSIONES**

Luego de transitar la experiencia de aplicar la técnica IDEF-SIM para la simulación de un proceso en una industrial real, podemos afirmar que la metodología aplicada ha resultado muy favorable para el proceso de innovación constante de la empresa. En primera instancia, la aplicación de IDEF-SIM a un proceso real, sirvió como oportunidad de analizar profundamente el ámbito de trabajo y su entorno. La precisión requerida en el desarrollo del modelo conceptual, el análisis de la información y la validación de los datos relevantes permitió conocer aspectos del proceso de mantenimiento que a simple vista no eran visibles.

La efectividad de la técnica para representar el proceso fue muy alta y consideramos que aportó claridad, estructura y sirvió como soporte visual a la hora de utilizar el diagrama para pasar el modelo al lenguaje de programación del software de simulación.

Como oportunidad de mejora de la herramienta IDEF-SIM, en la práctica nos hemos encontrado con que existe cierta dificultad a la hora de representar un esquema de producción de tipo "por lote". Es decir, creemos que no está contemplada en la metodología la situación en la que la entrada de entidades y su tipo varían a través del tiempo.

Concluyendo, creemos que la aplicación de la técnica IDEF-SIM aporta gran valor y es aplicable a gran cantidad de procesos de baja a intermedia complejidad, que, en la medida que el modelo conceptual sea correcto, arrojará resultados sumamente útiles para apoyar el proceso de toma de decisiones de cualquier organización.

## 5. REFERENCIAS

ALRABGHI, A.; TIWARI, A. (2013) A review of simulation-based optimisation in maintenance operations. In: 15th International Conference on Computer Modelling and Simulation, Cambridge, Inglaterra.

ARAGÃO, P. (2011) Modelagem e simulação computacional de procesos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de campos dos goytacazes.

BANKS, J.(1984) *Discrete-event system simulation*. Pearson Education India.

BELDA, C. FULLANA (2009) "Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación." *Encuentros multidisciplinares* 11.32 : 37-48.

GABRIEL, G. T. (2018) Documentação da lógica de modelos de simulação por meio do uso da técnica de modelagem IDEF-SIM. 2018. 123f. (Dissertação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

HARRINGTON, H. J.; Tumay, K. (1999) "Simulation modeling models". McGraw Hill New York.. USA.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. (2012) Simulation using ProModel. 3.ed. New York: McGraw-Hill Education.

KARAGÖZ, N.A.; DEMIRÖRS, O. (2011) Conceptual modeling notations and techniques. In: ROBINSON, STEWART *et al.* (Org.). . Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation. 1.ed. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group.

LAUDON, K.,J. (2012) "Sistemas de información gerencial". 12° Edición. Pearson Educación. Mexico.

LEAL, F. (2008) Análise do efeito de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados. 2008. 237f. Tese (Dissertação em Engenharia de Produção). Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, MG.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A.F.; COSTA, R.F.S.; OLIVEIRA, M.L.M. de; SILVA, A.L.F. (2010) Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, Proceedings, Baltimore, MD, USA.

MONTEVECHI, J. A. B.; OLIVEIRA, M. L. M.; LEAL, F.; PINHO, A. F. (2014) Analysis of the applicability of the IDEF-SIM modeling technique to the stages of a discrete event simulation project. In: Winter Simulation Conference, Proceedings... Savannah, GA, USA.

ROBINSON, S. (2008) Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. *Journal of the Operational Research Society*, v.59, n.3, p.278-290.

SARGENT, ROBERT G. (2014) "Verifying and Validating simulation models" - Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference.

ZOU Y., YAO Y., JIANG Z., TANG W. (2016) An Overview of Conceptual Model for Simulation. In: Zhang L., Song X., Wu Y. (eds) *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems*. AsiaSim 2016, SCS AutumnSim 2016. Communications in Computer and Information Science, vol 643. Springer, Singapore.



# COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS MULTICRITERIO AHP Y AHP DIFUSO EN LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE PROVEEDORES

Luciana B. Tabone\*, Alejandra M. Esteban<sup>(1)</sup>, Verónica A. Mortara<sup>(2)</sup>

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Juan B Justo 4302, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.*

<sup>(\*)</sup>[ltabone@fi.mdp.edu.ar](mailto:ltabone@fi.mdp.edu.ar)

<sup>(1)</sup>[aesteban@fi.mdp.edu.ar](mailto:aesteban@fi.mdp.edu.ar)

<sup>(2)</sup>[vmortara@fi.mdp.edu.ar](mailto:vmortara@fi.mdp.edu.ar)

## RESUMEN

En el presente trabajo se propone una metodología multicriterio para evaluar el desempeño de proveedores en empresas industriales, considerando criterios críticos del proceso de compra de bienes industriales. Se consideran como criterios la entrega, calidad y atención post-venta. Se trabaja con el Proceso Analítico de Jerarquía (AHP, por sus siglas en inglés), en su versión tradicional y en su versión difusa, con el fin de compararlas a la hora de definir los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación. Para el desarrollo del mismo se toma como caso de estudio a una empresa metalmeccánica para la cual se definen criterios y subcriterio y una escala de calificación para evaluar a cada proveedor. En la construcción de las escalas de calificación se aplica AHP para problemas de clasificación. A partir de la aplicación de cada una de las técnicas al caso de estudio, se obtienen las evaluaciones finales de cada proveedor. Se concluye que el AHP tradicional resulta ser un procedimiento de toma de decisiones multicriterio útil y más sencillo que el AHP difuso para la evaluación de los proveedores en el caso de estudio presentado.

**Palabras Claves:** Evaluación de desempeño, gestión de proveedores, AHP, AHP difuso.

## ABSTRACT

A multicriteria methodology is proposed in the present work to evaluate the performance of suppliers in industrial companies, considering critical criteria of purchase process of industrial goods. Delivery, quality and post-sales service are considered as criteria. The Analytical Hierarchy Process (AHP, for its acronym in English) is used, in its traditional and diffuse versions, in order to compare both in the definition of criteria and sub-criteria evaluation weights. A metalworking company is taken as a case of study in this work. Criteria, sub-criteria and a rating scale are defined in order to evaluate each supplier of the enterprise. AHP is applied for classification problems in the construction of rating scales. From the application of each of the techniques to the case study final evaluations are obtained for each provider. It is concluded that the traditional AHP turns out to be a multicriteria decision making procedure that is useful and easier than the diffuse AHP for the evaluation of the supplier in the case of the presented study.



## 1. INTRODUCCIÓN

Se denomina Cadena de Suministro (CS) a todas aquellas organizaciones involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente [1]. La cadena de suministro integrada, impulsada por la mirada sistémica, incluye tres procesos fundamentales: el proceso de relaciones con los proveedores que contiene las compras de los materiales, el proceso de surtido de pedidos que abarca la producción y distribución de los bienes y el proceso de relaciones con los clientes que tiene en cuenta a la comercialización de los mismos.

El proceso de relaciones con el proveedor se centra en la interacción de la empresa aguas arriba. Las tendencias mundiales en la gestión de CS conciben el aprovisionamiento como una función estratégica y con alto impacto en el alcance de las ventajas competitivas sostenibles en términos de costos, calidad, plazos de entrega y otros criterios relevantes. Hoy se considera que el éxito de una empresa depende en gran parte del desempeño de sus proveedores. Por lo tanto, su evaluación se ha vuelto una actividad crítica en una organización que afecta a su eficiencia y rentabilidad.

Este trabajo se realiza en el área de aprovisionamiento de una PyME metalmecánica que se dedica a la fabricación y comercialización de equipos de uso industrial y comercial. Posee una estrategia de producción altamente personalizada, siendo sus prioridades competitivas la flexibilidad, entrega a tiempo y calidad superior.

La empresa ha certificado desde el año 2006 su sistema de gestión de la calidad bajo la norma ISO 9001. El 20 % de los componentes que forman parte del producto final son comprados y se los considera críticos para el normal funcionamiento del producto. Su disponibilidad y correcto funcionamiento son determinantes al momento de evaluar la calidad del equipo por parte del cliente. En consecuencia, la evaluación y selección de los proveedores de estos componentes es una de las tareas que actualmente requiere mayor atención en el área de aprovisionamientos de la organización.

En trabajos anteriores, se desarrolla una metodología de evaluación de proveedores para esta empresa utilizando como herramienta base el Proceso Analítico de Jerarquías (AHP) para problemas de clasificación en su versión tradicional [2] y en su versión difusa [3]. En ambos casos, se contrasta el desempeño actual de cada proveedor con el desempeño esperado para el éxito de las operaciones de la empresa y en aquellos casos en donde éste no sea confiable se deben definir planes de acción tendientes a mejorarlo.

El objetivo del presente trabajo es comparar ambas metodologías para el caso estudiado y analizar qué modelo de evaluación de desempeño de proveedores es el más sencillo y confiable para la empresa.

## 2. MARCO TEÓRICO

El proceso de toma de decisiones es un tema complejo y es crítico en el éxito de las organizaciones. Las decisiones que se toman son complicadas e importantes; requieren pensamiento y discusión cuidadosa al ejercer la función gerencial. La Teoría de la Decisión es un método sistemático para estudiar la toma de decisiones. Una buena decisión es aquella que está basada en la lógica, que considera todos los datos y alternativas posibles.

Las decisiones estratégicas y organizativas son poco estructuradas y en consecuencia no pueden aplicarse recetas únicas de solución. Por lo tanto, para tomar decisiones de estas características, se suelen establecer criterios de evaluación que consideren puntos de vista para cada situación. Esto implica considerar entornos subjetivos, con riesgos e incertidumbre.

### 2.1 El Proceso Analítico de Jerarquías

Cuando se requieren utilizar métodos de apoyo a la toma de decisiones en escenarios de múltiples dimensiones de evaluación suele utilizarse el AHP ya que permite tomar decisiones en base a criterios múltiples. Es un método de trabajo sencillo, lógico y estructurado, basado en la descomposición del problema en una estructura jerárquica [4].

El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones objetivas y/o subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios que se seguirán para tomar la decisión y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión referida a cada criterio. El resultado del AHP muestra la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta [5].

Para tomar una decisión en forma organizada, es necesario seguir los siguientes pasos [6]:

1. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
2. Estructurar la jerarquía del problema. Para ello, se elabora una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios a ser usados y las alternativas de decisión (Figura 1). Se deben identificar los criterios más generales hasta los más

particulares. Si se requiere, pueden desprenderse subcriterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.

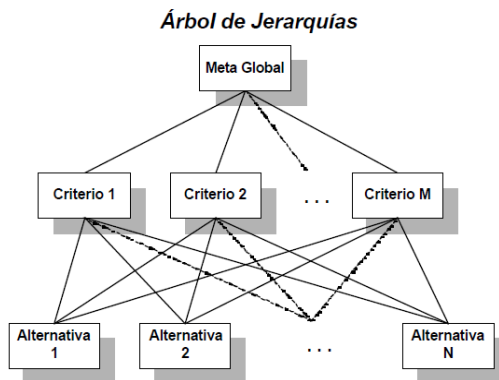


Figura 1: Estructura Jerárquica. Fuente: Toskano Hurtado, G. (2005)

3. Establecer las preferencias: El AHP, requiere a quien toma las decisiones, señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel, referido a cada uno de los elementos del nivel inmediato superior. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del AHP. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 1, para calificar las preferencias relativas de los elementos.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1: Escala de Saaty. Fuente: Toskano Hurtado, G. (2005)

4. Priorizar y sintetizar: En un problema jerarquizado, las prioridades pueden ser locales, globales o totales.
  - a) A través de un proceso matemático se calculan las prioridades relativas locales de cada elemento para cada nodo de la estructura jerárquica.
  - b) Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Esta metodología calcula la relación o razón de consistencia de Saaty, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.
  - c) Utilizando el principio de composición jerárquica se calculan las prioridades globales de los criterios para cada nodo respecto de la meta.
  - d) Por último se realiza la síntesis del problema para obtener la prioridad total de las alternativas mediante la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Esto permite ordenar el conjunto de las alternativas consideradas y seleccionar la mejor alternativa para obtener la meta buscada.

## 2.2 Proceso Analítico de Jerarquías difuso

El AHP difuso, es una combinación del AHP y Lógica Difusa o Borrosa. Se utiliza como método multicriterio para modelar la vaguedad de los juicios de expertos.

En el AHP tradicional la escala de Saaty de 9 puntos discretos empleada para realizar las comparaciones por pares (Tabla 2), no tiene en cuenta la incertidumbre asociada a los juicios humanos. Los términos lingüísticos que manejan las personas se pueden disponer para representar las imprecisiones, en estos casos la escala discreta es reemplazada por números difusos triangulares.

Un número triangular difuso se expresa como  $M = (l, m, u)$ , y su función de pertenencia correspondiente. Donde  $l \leq m \leq u$ , siendo  $l$  y  $u$  los límites inferior y superior respectivamente y  $m$  el número medio,  $u - m = m - l = \delta$ ,  $\delta$  mide el grado difuso del juicio, valores más grandes significan mayores grados difusos, si  $\delta = 0$  el juicio corresponde a un número no borroso, Zhu, Jing y Chang [7] reportan que  $\delta$  debe ser igual o mayor que 0.5. En este trabajo se toma un valor de  $\delta=1$ , Tabla 2.

Escala Saaty	Escala Difusa	Representación	Escala Verbal	Interpretación
1	(1,1,2)	M1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo.
3	(2,3,4)	M3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	(4,5,6)	M5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente favorecido
7	(6,7,8)	M7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente dominante
9	(8,9,9)	M9	Extrema importancia de un elemento sobre el otro.	La evidencia que favorece a uno de los elementos es del mayor orden de afirmación.
2,4,6,8	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9)	M2,M4,M6,M8	Valores intermedios	Usados para juicios intermedios

Tabla 2: Escala de comparación difusa.

Una vez obtenidas las matrices de comparación pareadas utilizando la escala corregida con números difusos triangulares se prueba la consistencia de las mismas de acuerdo a la metodología propuesta por Saaty [8]. Previamente se obtienen los números nítidos desfuzzificando los números triangulares a través de la Ecuación 1, para calcular el  $\lambda_{\max}$ .

$$M \text{ nítido} = (4m + l + u)/6 \quad (1)$$

Una vez probada la consistencia de las matrices se procede con el método de análisis extendido presentado por Chang [9]. Sea un conjunto de  $n$  objetos y otro de  $m$  objetivos, se simbolizan los números triangulares difusos de cada objeto respecto a cada objetivo. Por lo tanto, los valores de análisis extendido de  $m$  se pueden obtener de la siguiente notación:

$$M_{gi}^j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, m) ; (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Los pasos propuestos son:

- Paso 1: el valor de síntesis difuso del objeto  $i$ -ésimo, utilizando las operaciones borrosas para números triangulares, se define como, Ecuación 2:

$$D_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

- Paso 2: se introducen los principios de comparación de números difusos a fin de encontrar el vector de pesos correspondiente a cada nivel de la jerarquía. El grado de posibilidades de que  $M_1 (l_1, m_1, u_1) \geq M_2 (l_2, m_2, u_2)$  se define como  $V(M_1 \geq M_2)$ , siguiendo la Ecuación 3:

$$V(M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1, & \text{si } m_1 \geq m_2 \\ 0, & \text{si } l_2 \geq u_1 \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} & \end{cases} \quad (3)$$

- Paso 3: el grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que k números convexos se define a partir de la Ecuación 4:

$$V(M \geq M_1, M_2, M_3, \dots, M_k) = V(M \geq M_1) y V(M \geq M_2) y \dots y V(M \geq M_k) \quad (4)$$

El vector de pesos  $w'$  está formado por todos los valores mínimos

- Paso 4 se normaliza el vector de pesos obtenido en el paso anterior, dicho vector  $w_i$  no es un vector difuso.

### 2.3 Proceso Analítico de Jerarquías para problemas de clasificación

Cuando se presenta en un problema el análisis de alternativas independientes o su número es superior a nueve, se modifica el AHP tradicional ya que no se necesita la comparación pareada de las alternativas entre sí. En estos casos, se emplea medidas absolutas o también llamadas *ratings* donde la elección se realiza en término de las intensidades de calificación para cada criterio. El modelo de *ratings* resuelve este problema construyendo una escala categórica o estándar, donde las alternativas son comparadas en relación a esta escala. Se requiere elegir a priori una escala categórica de varios niveles para cada indicador definido en cada criterio. Para obtener la intensidad de calificación de cada nivel de la escala se realiza la comparación pareada entre ellas y luego se normaliza.

Los pasos de esta metodología son similares a los del AHP tradicional, reemplazando la comparación pareada de las alternativas respecto de cada criterio por la comparación de cada alternativa frente a la escala de cada criterio.

El puntaje final o síntesis de cada alternativa se obtiene por medio de la siguiente agregación multiaditiva, Ecuación (5) [10]:

$$s_i = \sum_j \hat{w}_j \hat{r}_{ij} \quad (5)$$

Dónde:

$\hat{w}_j$  = peso relativo normalizado del criterio  $j$

$\hat{r}_{ij}$  = calificación normalizada (alternativa  $i$  y criterio  $j$ )

$s_i$  = puntaje de evaluación de la alternativa  $i$

## 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se definen, en primer lugar, los criterios y subcriterios de evaluación de proveedores para la empresa en estudio, teniendo en cuenta las prioridades competitivas del área de operaciones de la empresa. Estos deben ser precisos, medibles y comparables y por ello se especifican sus indicadores de desempeño.

Se obtienen los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación ( $\hat{w}_j$ ) mediante la aplicación del AHP para problemas de clasificación en la versión tradicional y difusa.

Se construyen las escalas de calificación de los indicadores de desempeño que permiten calificar cada uno de los indicadores definidos para evaluar el desempeño del proveedor en cada uno de los criterios y/o subcriterios. Para la construcción estas escalas se aplican matrices de comparación pareadas. El vector de prioridad obtenido luego es normalizado en un rango de 1 a 10 puntos.

- Cálculo de la calificación normalizada ( $\hat{r}_{ij}$ ): la calificación se obtiene comparando el indicador de desempeño de cada subcriterio para cada proveedor con su escala correspondiente.
- Evaluación de desempeño de cada proveedor: se determina el puntaje final de cada proveedor ( $s_i$ ) mediante la aplicación de la Ecuación 5. La evaluación final se realiza en función de categorías de desempeño.

Para la construcción de las matrices de comparación pareadas se realizan entrevistas con el Gerente General, Jefe de Producción y Jefe de Compras de la empresa en estudio. De estas entrevistas se determina en forma consensuada cuáles son las preferencias respecto a los criterios y subcriterios definidos.

## 4. APLICACIÓN

### 4.1 Caso de estudio

Los criterios y subcriterios para evaluar a los proveedores de la empresa en estudio se seleccionan teniendo en cuenta las prioridades competitivas de la empresa, su entorno de

producción (producción a pedido) y características de su sistema de compras. En la Figura 2 se presenta la estructura jerárquica de los criterios y en la Tabla 3 se muestran los indicadores de desempeño correspondientes.

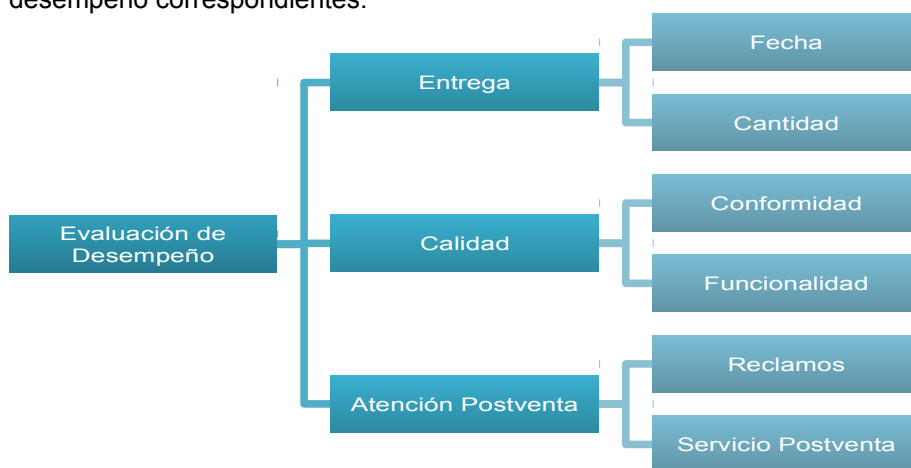


Figura 2: Estructura Jerárquica.

Criterio	Subcriterio	Indicador
Entrega	Fecha	% de pedidos entregados a tiempo
	Cantidad	% de pedidos entregados completos
Calidad	Conformidad	% de pedidos conformes
	Funcionalidad	% de productos sin fallas en uso
Atención Post-Venta	Reclamos	% de reclamos atendidos satisfactoriamente
	Servicio Post Venta	% de SPV atendidos satisfactoriamente

Tabla 3: Indicadores de Desempeño.

A continuación se definen los criterios y subcriterios seleccionados:

- Entrega: califica el cumplimiento de las entregas tanto en fechas como en cantidades.
  - Cumplimiento de las fechas de entrega: este subcriterio califica la entrega teniendo en cuenta la cantidad de veces que se cumplen los tiempos de entrega pactados.
  - Cumplimiento de las cantidades de entrega: este subcriterio califica la entrega teniendo en cuenta la cantidad de veces que se cumplen las entregas del número de unidades pactadas.
- Calidad: califica el cumplimiento de todas las especificaciones de tipo funcional de los productos, tanto en su recepción como durante su funcionamiento.
  - Conformidad en recepción: este subcriterio califica el cumplimiento de las especificaciones de calidad pactadas en la orden de compra y verificadas al momento de la recepción.
  - Funcionalidad: verifica el correcto funcionamiento de los componentes comprados durante su uso como parte del producto final vendido por la empresa.
- Atención Postventa: Este criterio verifica el desempeño del proveedor en la atención ante reclamos y el servicio ofrecido luego de la compra de los componentes.
  - Reclamos: califica al proveedor según la solución que ofrece ante las no conformidades de calidad y gestión.
  - Servicio Postventa (SPV): Califica los SPV que ofrece el proveedor respecto al mantenimiento o reparación durante la vida útil del componente.

#### 4.2 Obtención de pesos para el caso de estudio usando AHP tradicional

Para la obtención de los pesos de los criterios, se construye la matriz de comparación pareada correspondiente. En la Tabla 4 se aprecia el primer nivel de jerarquía definida para este caso. Se comparan los criterios definidos frente a su importancia para la calificación final del proveedor utilizando la escala de Saaty. El segundo nivel de jerarquía lo conforma la comparación de los subcriterios con respecto a cada criterio. Para todas las matrices efectuadas se verifica la consistencia de los juicios realizados.

Calificación final	Entrega	Calidad	Atención al cliente
--------------------	---------	---------	---------------------

<b>Entrega</b>	1	2	3
<b>Calidad</b>	1	1	2
<b>Atención al Cliente</b>	1/7	1/3	1

Tabla 4: *Matriz de comparación pareada para los criterios.*

Los pesos de los criterios y subcriterios se obtienen a partir de los vectores de prioridades locales y globales y se presentan en la Tabla 5.

Criterios	Peso	Subcriterio	Peso	Peso Final
<b>Entrega</b>	0,5389	Fecha	0,6667	0,3593
		Cantidad	0,3333	0,1797
<b>Calidad</b>	0,2973	Conformidad	0,8750	0,2601
		Funcionalidad	0,1250	0,0372
<b>At. al Cliente</b>	0,1638	Reclamos	0,8571	0,1404
		Servicio Postventa	0,1429	0,0234

Tabla 5: *Pesos de los criterios y subcriterios con AHP Tradicional.*

#### 4.3 Obtención de pesos para para el caso de estudio usando AHP difuso

Para la obtención de los pesos de los criterios, se construye la matriz de comparación pareada correspondiente. En la Tabla 6 se aprecia el primer nivel de jerarquía definida para este caso. Se comparan los criterios definidos frente a su importancia para la calificación final del proveedor utilizando la escala de números difusos presentada en Tabla 2. El segundo nivel de jerarquía lo conforma la comparación de los subcriterios con respecto a cada criterio.

Calificación final	1. Entrega	2. Calidad	3. Atención al cliente
<b>1. Entrega</b>	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
<b>2. Calidad</b>	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)
<b>3. Atención al Cliente</b>	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)

Tabla 6: *Matriz de comparación pareada para los criterios con números triangulares.*

Luego, se evalúa la consistencia de la matriz de criterios y se obtiene un  $\lambda_{\text{máx}}$  de 3.0924 y una Relación de Consistencia de  $0.0797 < 0.10$ . Posteriormente se obtiene el vector de síntesis difuso (Ecuación 2):

$$D1 = (0.2581, 0.5294, 1.0105)$$

$$D2 = (0.1505, 0.3088, 0.6316)$$

$$D3 = (0.1022, 0.1618, 0.3158)$$

Aplicando los pasos 2 y 3 de la metodología de análisis extendido para el AHP difuso se obtiene el vector  $w = (1.0000, 0.6287, 0.1357)$ . Finalmente se obtiene el vector de pesos normalizados  $w = (0.5668, 0.3563, 0.0769)$ . De la misma forma se procede a calcular los  $w$  para los subcriterios. Los pesos finales se presentan en la Tabla 7 y se obtienen multiplicando el peso de cada subcriterio por el peso del criterio correspondiente.

Criterios	Peso Criterio	Subcriterio	Peso Subcriterio	Peso Final
<b>Entrega</b>	0.5668	Fecha	0.6923	0.3924
		Cantidad	0.3077	0.1744
<b>Calidad</b>	0.35638	Conformidad	0.6923	0.2467
		Funcionalidad	0.3077	0.1096
<b>At. al Cliente</b>	0.07698	Reclamos	0.6923	0.0532
		Servicio Postventa	0.3077	0.0237

Tabla 7: *Pesos de los criterios y subcriterios con AHP difuso.*

#### 4.4 Construcción de las escalas de calificación de los indicadores de desempeño

Los puntos de las escalas de cada indicador se obtienen mediante la construcción de matrices de comparaciones pareadas, definiendo previamente junto con los entrevistados los distintos niveles

en que se divide cada una. Los niveles de las escalas están en términos porcentuales. En la Tabla 8 se muestra a modo de ejemplo la matriz de comparación pareada para el indicador “Porcentaje de pedidos entregados a tiempo”. A partir de las prioridades locales se obtienen las intensidades de calificación de cada nivel de la escala para cada indicador. La escala normalizada se muestra en la Tabla 9. De la misma forma, se procede a construir las escalas del resto de los indicadores.

Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	Mayor a 95%	Entre en 95% y 90%	Menor al 90 %	Prioridad Local
<b>Mayor a 75%</b>	1	5	9	<b>0,7352</b>
<b>Entre en 75% y 55%</b>	1/5	1	4	<b>0,1994</b>
<b>Menor al 55 %</b>	1/9	1/4	1	<b>0,0654</b>

Tabla 8: *Matriz de comparación pareada indicador Porcentaje de pedidos entregados a tiempo.*

Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	Puntos
<b>Mayor a 75%</b>	10
<b>Entre en 75% y 55%</b>	3
<b>Menor al 55 %</b>	1

Tabla 9: *Escala del indicador Porcentaje de pedidos entregados a tiempo.*

#### 4.5 Cálculo de la calificación normalizada

Para evaluación de desempeño se consideran cuatro proveedores actuales de la empresa en estudio y como primer paso se procede a calcular el puntaje obtenido para cada indicador según las escalas definidas anteriormente (Tabla 10).

Indicador de desempeño	Valor del Indicador				Puntaje Obtenido			
	P1	P2	P3	P4	P 1	P 2	P 3	P 4
<b>% de pedidos entregados a tiempo</b>	43,56 %	21,29%	60,49%	78,49%	1	1	3	1
<b>% de pedidos entregados completos</b>	97,55 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	6	1	10	1
<b>% de pedidos conformes</b>	92,19 %	95,28%	100,00 %	100,00 %	2	5	10	1
<b>% de productos sin fallas en uso</b>	98,16 %	100%	100,00 %	99,46%	4	1	10	4
<b>% de reclamos atendidos satisfactoriamente</b>	100%	100%	100%	100%	10	1	10	1
<b>% de SPV atendidos satisfactoriamente</b>	100%	100%	100%	100%	10	1	10	1

Tabla 10: *Calificación obtenida de cada proveedor para cada indicador de desempeño.*

## 5. RESULTADOS

Se evalúa el desempeño de cada proveedor calculando su puntaje final obtenido mediante la aplicación de la Ecuación 5. La evaluación final se realiza en función de las siguientes tres categorías de desempeño:

- 1- Desempeño confiable: puntaje final mayor o igual a 7.
- 2- Desempeño riesgoso: puntaje final menor a 7 y mayor que 5.
- 3- Desempeño crítico: puntaje final menor o igual a 5.

Un desempeño confiable significa que el proveedor puede continuar trabajando con la empresa sin inconvenientes. Un desempeño riesgoso implica que el proveedor debe presentar un plan de acción enfocado en mejorar su desempeño en aquellos criterios en los que obtuvo una calificación menor. Finalmente, si su desempeño es crítico se procede a la búsqueda de un nuevo proveedor para el componente ya que se considera que no podrá cubrir las necesidades de la empresa de forma adecuada.

En la Tabla 11 se compara el puntaje final y evaluación de desempeño para los cuatro proveedores analizados con ambas metodologías.



		Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
AHP Tradicional	Puntaje	3,7439	5,4658	7,4848	9,7771
	Evaluación	Desempeño Crítico	Desempeño Riesgoso	Desempeño Confiable	Desempeño Confiable
AHP Difuso	Puntaje	3,1398	5,2352	7,2534	9,3422
	Evaluación	Desempeño Crítico	Desempeño Riesgoso	Desempeño Confiable	Desempeño Confiable
Diferencia porcentual		16,1356%	4,2190%	3,0916%	4,4481%

Tabla 11: Comparación de evaluación de desempeño para ambas metodologías.

Se puede observar que hay cambios en los valores de los puntajes finales aunque dichos valores presentan pequeñas discrepancias porcentuales. Así mismo, no hay diferencias en las categorías de evaluación obtenidas para cada proveedor derivadas de las mencionadas puntuaciones finales. Estos resultados se pueden explicar al notar que el desempeño de cada una de las alternativas para cada uno de los criterios (Tabla 11) se mantiene constante independientemente de la técnica aplicada, debido a que el enfoque difuso se aplica en este caso sólo para la obtención de los pesos de importancia relativa de los criterios y subcriterios considerados.

## 6. CONCLUSIONES

Los modelos propuestos consideran múltiples criterios y tienen en cuenta la subjetividad del juicio humano. Son de fácil implementación para la empresa en estudio, ya que la información requerida para la evaluación está directamente relacionada con las actividades normales del proceso de gestión de proveedores. Permite al Jefe Compras realizar el proceso de evaluación de proveedores requerido por la norma ISO 9001 en forma sistemática y consistente con la estrategia de la empresa.

La ventaja presentada por el AHP difuso frente a su versión tradicional es que reduce la imprecisión del juicio humano. La aplicación del AHP difuso permite fortalecer y dar fiabilidad al modelo propuesto, disminuyendo los niveles de incertidumbre en los juicios formulados por los actores involucrados en la definición de los criterios y subcriterios. La aplicación de los conjuntos difusos para la determinación de los pesos de importancia relativa de los criterios, requiere de un mayor esfuerzo computacional, que sin embargo puede ser fácilmente superable con las herramientas computacionales existentes hoy en día.

El AHP para problemas de clasificación proporciona un soporte matemático para restar impacto a la subjetividad que existe en el proceso de evaluación y brinda mayor confianza en los resultados obtenidos.

Las puntuaciones finales muestran diferencias poco significativas entre ambos métodos, que no llegan a modificar las categorías de evaluación obtenidas para cada proveedor. Frente a estos resultados, por el principio de parsimonia, se recomienda la aplicación del método AHP tradicional para la evaluación de proveedores en esta empresa por ser el más sencillo.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Chopra, S; Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Suministro*. México. Tercera Edición. Pearson Education. México.
- [2] Tabone L., Esteban A., Mortara, V. (2017). "Modelo de evaluación de desempeño de proveedores en una empresa metalmeccánica". Congreso Argentino de Ingeniería Industrial - COINI 2017, Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires
- [3] Esteban, Alejandra; Tabone, Luciana; Mortara, Verónica; Zárate, Claudia. (2018). "Modelo de evaluación de desempeño de proveedores utilizando PAJ difuso". XXXI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) – XXIX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO). Mar del Plata, Argentina.
- [4] Martínez Rodríguez, E. (2007). "Aplicación del Proceso Jerárquico de Análisis en la Selección de la Localización de una PYME". *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, vol 40, pp. 523-542. Colombia.
- [5] Toskano Hurtado, G. (2005). "El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores". *Tesis de la Facultad de ciencias matemáticas. Universidad Nacional de San Marcos*. Lima, Perú. Versión obtenida el 18/11/15.  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf).
- [6] Saaty, T. (2008): "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process". *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, No. 1, pp. 83-98.



- [7] Zhu K.J., Jing Y.; Chang D.Y. (1999). "A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP". *European Journal of Operational Research*, vol.116, pp.450–456.
- [8] Saaty T. (1990). "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, vol. 48, pp. 9-26.
- [9] Chang D.Y. (1996). "Application of the extent analysis method on fuzzy AHP". *European Journal of Operational Research*, vol. 95, pp. 649–655.
- [10] Curchod, M.; Alberto, C. (2014). "Performance of Justice in Argentina. AHP Ratings Model". *Aplicación de Multi-Metodologías. Para La Gestión y Evaluación de Sistemas Sociales y Tecnológicos, Tomo II, pp 35-45.* Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.C, Córdoba.

# Diseño del muelle de cargas para un almacén de productos congelados

Nicolao García, José Ignacio\*; Zárata, Claudia.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata. jngarcia@fi.mdp.edu.ar.*

## RESUMEN

La logística se analiza cada vez más para reducir los costos y, por tal motivo, los andenes de carga y descarga deben ser diseñados de forma eficiente. Los muelles, también llamados andenes o docks, desempeñan una función indispensable en la infraestructura del sistema de logística. Forman el vínculo entre fabricación y transporte, y entre el transporte y las funciones de almacenamiento. Cuando se diseña un almacén, el espacio destinado a los muelles debe ser integrado de la misma forma que el almacén se integra al proceso de diseño de la instalación. La planeación comienza en el punto donde el tráfico ingresa a la instalación desde la calle y finaliza cuando los camiones salen de la propiedad. El andén marca el comienzo y el fin del flujo de materiales a través de la instalación, integrando la manipulación de materiales dentro de la propiedad con el tráfico de camiones fuera de la misma. Este trabajo presenta el proceso de diseño de los muelles de carga y descarga y lo aplica a una empresa de alimentos congelados de la ciudad de Mar del Plata. El objetivo es determinar la cantidad y el tipo de muelles necesarios para garantizar un eficiente nivel de servicio al cliente en la nave industrial de la compañía. Para diseñar los andenes de la empresa se evaluaron los tipos y números de camiones que usarán los andenes, el tiempo promedio requerido para cargar o descargar cada vehículo, la hora de llegada y partida de los camiones, las dimensiones y puertas de los docks de carga y las características de los procesos dentro de la instalación. El resultado adaptado a las condiciones edilicias de la empresa indica que se requieren tres bocas para camiones y una boca con dos puertas para utilitarios.

**Palabras Claves:** Almacén, Muelle de carga, Logística de almacenamiento.

## ABSTRACT

Logistics is increasingly analyzed to reduce costs and, for this reason, the loading and unloading platforms must be designed efficiently. The docks, also called platforms, play an indispensable role in the logistics system infrastructure. They form the link between manufacturing and transportation, and between transportation and warehousing. When a warehouse is designed, the space destined to the docks must be integrated in the same way that the warehouse is integrated into the installation design process. Planning begins at the point where traffic enters the facility from the street and ends when the trucks leave the property. The platform marks the beginning and end of the flow of materials through the installation, integrating the handling of materials within the property with truck traffic outside it. This work presents the design process of the loading and unloading docks and applies it to a frozen food company in the city of Mar del Plata. The objective is to determine the quantity and type of docks necessary to guarantee an efficient level of customer service in the company's warehouse. For designing them, the types and numbers of trucks that will use the platforms, the average time required to load and unload each vehicle, the time of arrival and departure of the trucks, the dimensions and doors of the loading docks and the characteristics of the processes within the installation were evaluated. The result adapted to the building conditions of the company indicates that three dock levelers are required for trucks and one dock with two doors for utilities.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La búsqueda de ventajas competitivas de una organización no tendría sentido si no se basase en un constante esfuerzo en satisfacer las necesidades planteadas por el cliente. El servicio al cliente se ha definido de diversas formas, aunque existe una coincidencia casi unánime al momento de destacar su importancia por el efecto sobre la cuota de mercado, sobre los costes totales y en definitiva sobre la rentabilidad de la empresa.

El servicio al cliente, en un sentido amplio, constituye todo el conjunto de acciones necesarias para que el cliente reciba:

- El producto deseado en el momento deseado y al costo adecuado.
- La información adecuada.
- La calidad esperada.
- El plazo de entrega mínimo.
- Las condiciones de venta aceptables.
- La garantía comercial del producto vendido.
- Un servicio de posventa eficaz, eficiente y a costo mínimo.

El servicio al cliente, visto desde la logística de distribución, se describe como el proceso integral de cumplir con el pedido de un cliente. Este proceso incluye la recepción del pedido (ya sea en forma manual o electrónica), administración del pago, recolección y empaqueo de los productos, envío del paquete, entrega del mismo, así como también el manejo de la devolución de los productos [1].

Desde el punto de vista de la logística, su contribución al servicio al cliente se centra en tres parámetros:

- El grado de disponibilidad de stocks.
- El plazo de entrega.
- Fiabilidad en el plazo de entrega.

La organización y gestión de los almacenes integrada a la gestión del transporte, componen el conjunto de actividades logísticas destinadas a mejorar el servicio al cliente con un nivel de costes aceptables para la organización.

La disponibilidad de stocks es responsabilidad directa del gestor de stocks, mientras que los otros dos parámetros, plazo de entrega y fiabilidad, dependen esencialmente de la correcta gestión de almacenes.

Los avances tecnológicos actuales, la aplicación de la robótica y de la informática han generado que el almacén se considere en la actualidad una de las áreas más productivas dentro de la cadena logística de una empresa [2].

La distribución física o layout de un almacén alude a la disposición física de las diferentes áreas que un almacén necesita para su funcionamiento. El layout del almacén condiciona en forma permanente el funcionamiento y su productividad. Es por esto que su diseño debe ser cuidadosamente realizado.

En un almacén se distinguen cuatro áreas fundamentales:

- Área de almacenaje.
- Área de manipulación de producto.
- Área de carga y descarga de los productos.
- Áreas de servicio, ya sea para los operarios que trabajan en el almacén como para las maquinarias y elementos de trabajo.

Las áreas de carga y descarga están íntimamente ligadas al diseño de los muelles, que constituyen uno de los elementos esenciales para un buen funcionamiento de la instalación. Los muelles de carga y descarga forman parte del equipamiento del almacén y a menudo suelen limitar su capacidad, restringiendo ya sea el flujo de entrada o de salida de los materiales. Por ello resulta importante diseñarlos con la suficiente holgura y flexibilidad para evitar el estrangulamiento del proceso (colas) [2]. [2]

Este trabajo forma parte de un trabajo integral, que contempla el diseño de un almacén de producto terminado de una empresa de la región, que fabrica y vende productos congelados. El objetivo es diseñar el andén de cargas, determinando la cantidad y el tipo de bocas para minimizar los tiempos de espera del cliente y así garantizar un eficiente nivel de servicio.

## 2. MARCO TEÓRICO.

Los andenes de carga desempeñan una función indispensable en la infraestructura del sistema de logística. Forman el vínculo entre fabricación y transporte, y entre el transporte y las funciones de

almacenamiento. Dado que la logística se analiza cada vez más para reducir los costos, es indiscutible que los andenes de carga deben ser eficientes y cumplir con rigurosas normas.

El diseño del andén de carga es una parte integral del diseño de la instalación. La planeación del andén comienza en el punto donde el tráfico ingresa a la instalación desde la calle y finaliza donde los camiones salen de la propiedad. El andén marca el comienzo y el fin del flujo de materiales a través de la instalación. Integra la manipulación de materiales dentro de la propiedad con el tráfico de camiones externo. Para mantener la productividad, debe ser tan eficiente como la instalación a la cual sirve.

En este trabajo se propone un proceso a seguir para obtener un diseño de andén de carga eficiente, que contemple las distintas actividades requeridas en su utilización. Dicho proceso consta de las siguientes etapas:

1. Ubicación de los andenes de carga, en función del flujo previsto de los materiales dentro de la instalación (almacén o fábrica).
2. Configuración del andén de carga.
3. Cálculo del número de posiciones del andén.
4. El diseño del espacio de la explanada.
5. Diseño del andén de carga propiamente dicho.

Se describen brevemente, a continuación, las principales pautas a tener en cuenta en el desarrollo de cada etapa.

### 2.1. Ubicación de los andenes de carga.

La ubicación del andén de carga debe definirse en función del flujo previsto de los materiales dentro de la instalación (almacén o fábrica). Si se trata de un flujo en "U" (Figura 1), el andén de carga, ya sea de recepción o despacho, se encuentra físicamente en el mismo sector. La ventaja de esta disposición es que se aprovechan mejor los recursos asignados a la actividad, permitiendo compartir no sólo los muelles sino también los equipos y el personal.

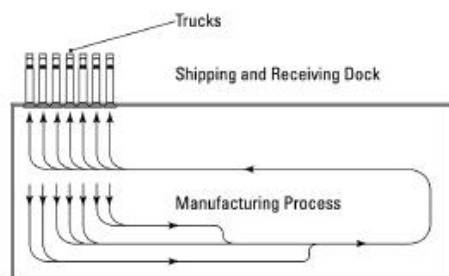


Figura 1 Ubicación de los andenes para flujo en "U". Recuperada de [3].

Si se trata de un flujo que no posee retrocesos, flujo en lineal o en forma de T (Figura 2), los andenes de recepción y despacho se deben ubicar en los extremos del flujo. La ventaja más importante de esta disposición es la especialización de los muelles y de los recursos destinados a las actividades. Permite que cada muelle, de recepción o de despacho, se diseñe específicamente para las características de la carga, favoreciendo así la productividad del área. Se suele utilizar para explotar la ventaja comparativa de la empresa que posee su nave productiva lindante a dos vías de acceso.

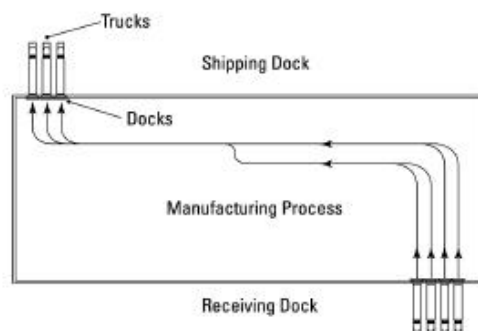


Figura 2 Ubicación de los andenes para flujo en lineal. Recuperada de [3].

### 2.2. Configuración del andén de carga.

La seguridad, el control de la circulación, la comodidad de los trabajadores, la disponibilidad de espacio, las características de la carga y el clima ayudan a determinar la configuración de los

andenes que se necesitan. Basándose en la relación de la planta y el acoplado, las dos configuraciones de andenes más comunes son andén abierto y el andén interior/externo.

El andén abierto coloca tanto la plataforma de carga como el acoplado fuera de la instalación. Los andenes abiertos se usan comúnmente para actividades generales en climas templados y cálidos o en procesos especiales que requieran de maquinaria pesada o especial que no esté en el interior de una instalación.

El andén interior/externo se diseña con la plataforma de carga dentro de la instalación, mientras el acoplado queda afuera. Con los sellos o los abrigos adecuados, el diseño ofrece excelente protección contra la intemperie y seguridad. Una variación común del andén interior/externo es el andén frigorífico. En estos se debe incluir un vestíbulo o antecámara entre la plataforma de carga y el área frigorífica. El vestíbulo crea un sello de aire entre el exterior y el área frigorífica (Figura 3). El sello de aire minimiza el flujo de aire caliente y humedad. Un andén frigorífico bien diseñado reduce el consumo de energía de refrigeración en un 50 % o más y reduce el descongelamiento de la bobina de refrigerante hasta en un 96 %, comparado con un andén de carga abierto [3].

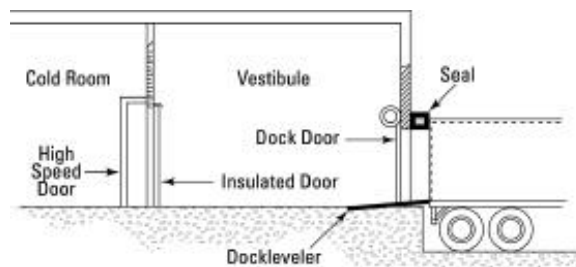


Figura 3 Andén frigorífico. Recuperada de [3].

### 2.3. Cálculo del número de posiciones del andén.

Para calcular el número de posiciones de andén que necesita una instalación se debe conocer el número de camiones que se atenderán, el tiempo promedio requerido para cargar o descargar cada camión, y la hora de llegada y partida de los camiones.

El tráfico de camiones dentro de una instalación no necesariamente se desarrolla en forma constante. En general, si se está frente a una demanda de tipo estacional, no resulta económicamente sustentable proporcionar suficientes posiciones de andén para encargarse del tráfico máximo de camiones. En estos casos, puede contemplarse procurar un área de espera de camiones. Los tiempos de espera y las áreas de espera de los camiones son la solución al costo de más posiciones de andenes. Cuando las llegadas de camiones son numerosas, menos posiciones de andén significarán tiempos de espera más largos y áreas de espera más grandes. Se puede estimar el número de posiciones de andenes necesario para un cierto volumen de camiones multiplicando el número de camiones por hora por el tiempo de procesamiento, en horas, para que cada camión se estacione, se cargue y se retire.

### 2.4. Diseño del espacio de explanada.

El espacio de explanada es el área entre la plataforma de carga y la línea de cerca o la obstrucción más cercana. Incluye el área de estacionamiento, donde se estaciona el camión durante la carga y el área de maniobras; el espacio es necesario para maniobrar el camión dentro y fuera del área de estacionamiento (Figura 4).

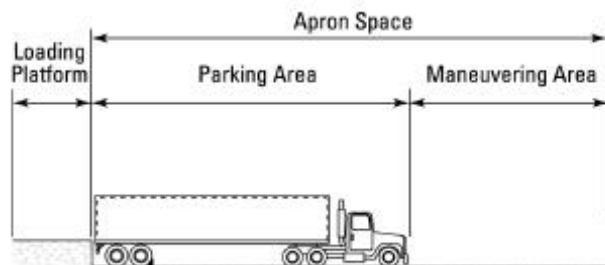


Figura 4 Áreas que comprende el espacio de la explanada. Recuperada de [3].

El espacio mínimo de explanada necesario depende de las distancias centrales, del largo de los camiones y de la geometría de dirección de los camiones. En la Figura 5 se presenta el esquema que explica la relación entre las posiciones de andén y la longitud de la explanada. La

sugiere el espacio mínimo de explanada para un contenedor típico de 40 pies, en función de la distancia central entre los camiones estacionados en el andén. Se observa que a medida que aumenta el espacio entre los camiones, es necesaria una menor longitud de explanada.

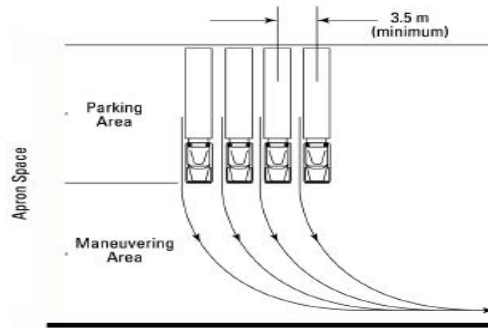


Figura 5 Espacio entre camiones y longitud de explanada. Recuperada de [3].

Tabla 1 Longitud de explanada en función de la distancia central. Recuperada de [3].

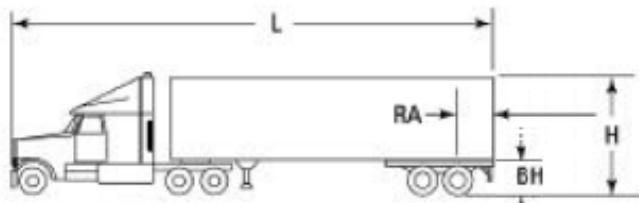
Distancia central [m]	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Explanada [m]	36,5	35,5	34,5	33,6	32,8	32,0	31,2

## 2.5. Diseño del andén de carga propiamente dicho.

Para diseñar andenes de carga eficaces se deben evaluar los tipos y números de camiones que usarán los andenes, las dimensiones de los andenes de carga y sus puertas, y las características de los procesos de instalación. Luego se debe ver la altura del andén, el ancho del compartimento de carga, el tamaño de la puerta del andén y las dimensiones y la disposición del interior del recinto adyacente al andén. Finalmente se selecciona el nivelador de dock y los topes.

### 2.5.1 Tamaño de los camiones.

Las características de los camiones afectan muchos parámetros de diseño. Es necesario relevar al menos las dimensiones señaladas en la Figura 6:



L: Largo  
 H: Altura general.  
 W: Ancho del camión.  
 RA: Ancho de puerta.  
 BH: Altura de carga.

Figura 6 Dimensiones características de un camión. Recuperada de [3].

### 2.5.2 Definición de la altura del andén.

La altura del andén es el parámetro más importante de los andenes de carga de la instalación. La altura del andén debe ser lo más cercana posible a la altura de carga prevista de los camiones que utilizarán el andén. Para compensar las diferencias de altura se puede utilizar un equipo denominado "nivelador de dock". Si bien este nivelador compensa la diferencia de altura, esta no puede ser demasiado importante. En el Subapartado 2.5.5, Selección de niveladores y topes, se vuelve sobre este tema.

Para determinar la altura del andén, primero es necesario relevar las alturas de carga de los camiones que usaran el andén. Luego, se selecciona una altura ponderada que esté en el punto medio de esta gama.

### 2.5.3 Definición de los anchos de espacio de carga.

La distancia central (LBW) o distancia entre centro de bocas, es la distancia que debe existir entre los ejes longitudinales de dos camiones estacionados. Se sugiere que cada compartimento de camión debe tener al menos 3,5 m de ancho para dar suficiente espacio para retroceder los acoplados en forma recta hacia el andén. El aumento de la LBW permite una mejor maniobrabilidad y disminuye la congestión en la explanada. La distancia central se ve afectada si la maniobra incluye abrir o cerrar puertas oscilantes de acoplado en el andén (Figura 7).

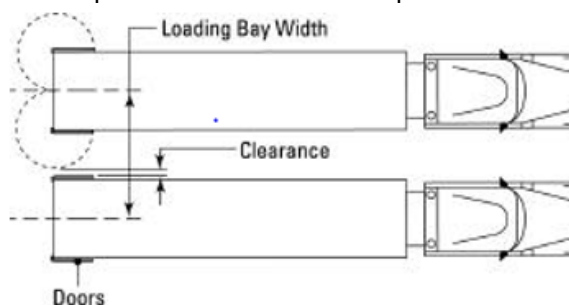


Figura 7 .Distancia central (LBW) con maniobra de puertas en andén. Recuperada de [3].

### 2.5.4 Determinación de tamaños de puertas de la instalación.

Los anchos comunes de puertas son de 2,4 m. Las alturas comunes de puertas son de 2,4, 2,7 y 3 m. Debe considerarse una holgura para permitir que se estacionen acoplados descentrados. Esta holgura debe oscilar alrededor del 15 %.

### 2.5.5 Selección de niveladores y topes.

El nivelador de dock une el espacio y compensa la diferencia de altura entre el andén y la altura de carga del camión. También compensa el movimiento hacia arriba y hacia abajo de la plataforma del acoplado durante la carga.

Un nivelador incluye una rampa (abisagrada a lo largo de su borde posterior) y un labio (abisagrado en la parte delantera de la rampa). Cuando no está en uso, el nivelador se guarda en su posición horizontal, a ras del piso de la plataforma de carga.

En la Figura 8 se presenta un nivelador estándar, de los que habitualmente se encuentran en el mercado en distintas posiciones de trabajo.



Figura 8 Nivelador de dock en distintas posiciones de trabajo. Recuperada de [5].

Los topes protegen el recinto y el camión de los daños producidos por impactos cuando se acerca el camión (Figura 9). Los topes pueden reducir el impacto de un camión en marcha atrás en un 90 - 95 %. También protegen durante la carga cuando el camión se balancea o flota hacia arriba y hacia abajo mientras presiona contra la pared. Finalmente, los topes limitan cuán cerca se estaciona el camión del andén y afectan así al labio del nivelador y el sello, así como las proyecciones de sellos y abrigos. El tope estándar tiene un espesor de 10 cm, pero los topes laminados se ofrecen también en un espesor de 15 cm. El tope de 10 cm es preferible, porque reduce el espacio entre el piso de acoplado y la cara del andén.

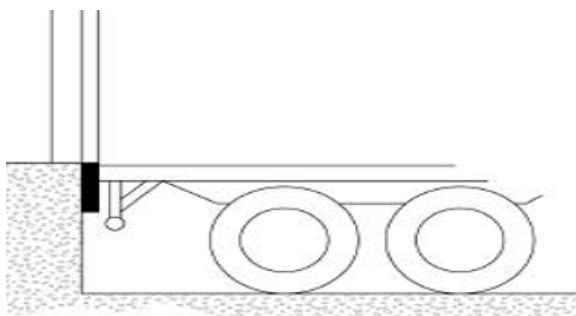


Figura 9 Topes. Recuperada de [3].

## 3. METODOLOGÍA.

El trabajo se desarrolló de acuerdo a la siguiente metodología:

- Relevamiento de los datos históricos de pedidos proporcionados por la empresa.
- Relevamiento de los requerimientos de operación para carga de clientes.
- Relevamiento de las restricciones edilicias y espaciales para la zona de carga.
- Selección de las variables para el estudio.
- Análisis estadístico y determinación de los parámetros de operación diaria.

La recopilación los datos se realizó en base el aporte de documentos y reportes generados por el sistema de base de datos utilizado por la empresa.

A lo largo del desarrollo del trabajo estos datos fueron procesados y analizados con la utilización de los softwares:

- InfoStat y SPSS, para procesamiento estadístico de los datos.
- Excel, para la depuración, el tratamiento de los datos y la generación de tablas.

## 4. DESARROLLO.

La empresa tiene actualmente un edificio donde se realiza la fabricación y cuenta con un almacén contiguo a la fábrica que posee la capacidad necesaria para cubrir las políticas de inventario de la organización.

A continuación se describen, considerando el proceso propuesto, las etapas seguidas para obtener un diseño eficiente de los andenes de carga.

#### 4.1. Ubicación de los andenes de carga.

Debido a la ubicación física del almacén respecto de la fábrica, los andenes de carga sólo se necesitan para el despacho de la carga. Esto significa que se los ubica en la salida del almacén.

#### 4.2. Configuración del andén de carga.

Considerando que se trata de carga refrigerada, se seleccionará una configuración de andén interior/exterior tipo frigorífico.

#### 4.3. Cálculo del número de posiciones de andén.

En base a los datos proporcionados por el sistema de gestión de pedidos de la empresa se analizan los históricos estadísticamente y se obtiene la información que se muestra en las tablas siguientes, requerida para el cálculo de número de bocas.

##### 4.3.1 Tipos de vehículos.

En primera instancia se relevan y se determinan los tipos y las características físicas de los vehículos que usan los clientes para retirar la mercadería. Estas características afectan directamente los parámetros de diseño de los andenes de carga. Entre ellos se encuentran:

- **Utilitarios:** chicos tales como Renault Kangoo, Fiat Fiorino, Citroën Berlingo, Peugeot Partner; grandes, como por ejemplo Renault Master, Fiat Ducato, Mercedes-Benz Sprinter, Peugeot Boxer.
- Camión recto ejes tipo **chasis**.
- Camión **Balancín** de tres ejes.
- Camión tractor más acoplado **semi** remolque.
- Contenedores de exportación: 20 pies **TEU** por sus siglas en inglés "Twenty Foot Equivalent Unit" y 40 pies **FEU** por sus siglas en inglés "Forty Foot Equivalent Unit".

En la Tabla 2 se detallan las características fundamentales relevadas.

Tabla 2 Características de los vehículos de los clientes.

Tipo	Largo [m]	Ancho [m]	Altura de carga [m](*)	Altura media [m]
Utilitarios	3,5 - 5,5	1,5 - 2,5	0,5 - 0,8	0,65
Chasis	5,5 - 11,0	2,1 - 2,5	1,0 - 1,2	1,10
Balancín	11,0 - 18,0	2,4 - 2,6	1,2 - 1,5	1,35
Semi	18,0 - 22,0	2,4 - 2,6	1,3 - 1,5	1,40
TEU / FEU	16,0 - 22,0	2,4 - 2,7	1,4 - 1,6	1,50

(\*) Los sistemas de suspensión de aire también afectan estas dimensiones.

##### 4.3.2 Cantidad de cargas despachadas a clientes.

Las cargas se pueden realizar en forma manual o en forma paletizada. En la Tabla 3 se pueden observar los valores diarios promedios relevados, en función del tipo de transporte:

Tabla 3 Distribución de las cargas diarias.

Tipo	Cargas manuales	Cargas paletizadas	Total de cargas diarias
Utilitarios	36	6	42
Chasis	6	16	22
Balancín	2	18	20
Semi / TEU / FEU	0	4	4
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>88</b>

##### 4.3.3 Composición de pedidos.

También se realiza el análisis de los datos sobre la composición de los pedidos. En la Tabla 4 se muestran los valores medios obtenidos.

Tabla 4 Composición media de pedido por tipo de vehículo.



Tipo	Total cargas por día	Cajas/carga	Cajas/día
Utilitarios	42	18	756
Chasis	22	90	1980
Balancín	20	139	2780
Semi / TEU / FEU	4	751	3004
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>-</b>	<b>8520</b>

#### 4.3.4 Tiempo de uso de boca.

Se realizan mediciones de los tiempos utilizados en el proceso de carga. Para ello se divide el tiempo de uso de boca en dos componentes: tiempo de maniobra para entrada-salida y tiempo neto de carga. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5 *Tiempos de uso de boca por carga.*

Tipo	T. neto carga [min]	T. maniobra [min]	Uso de boca [min]
Utilitarios	3	4	7
Chasis	12	5	17
Balancín	21	7	28
Semi / TEU / FEU	30	8	38

#### 4.3.5 Ventana horaria.

En función de los tiempos de uso de boca por carga (Tabla 5) y la distribución de las cargas diarias (Tabla 3) se calcula el tiempo necesario mínimo para atender a todos los pedidos durante un día. En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 6 *Tiempo diario requerido para cargas.*

Tipo	Uso de boca [min]	Total de cargas por día	Tiempo requerido [min]	Tiempo requerido [h]	%
Utilitarios	7	42	294	4,9	21,3
Chasis	17	22	374	6,2	27,1
Balancín	28	20	560	9,3	40,6
Semi / TEU / FEU	38	4	152	2,5	11,0
<b>Total</b>		<b>88</b>	<b>1380</b>	<b>23,0</b>	<b>100,0</b>

La empresa cuenta con una ventana horaria de 8 h, ya que trabaja diariamente desde las 8:00 hasta las 17:00 h, con una pausa de 12:00 a 13:00 h. Para cumplir con el tiempo requerido para cargas se necesitan entonces  $23/8$  bocas = 2,875, es decir, un mínimo de tres bocas.

#### 4.3.6 Tipo de bocas.

Se observa en los valores de altura media de la Tabla 2 que los camiones y contenedores varían entre 1,10 m y 1,50 m, con lo cual se necesita un andén elevado con niveladores para este tipo de vehículos. Sin embargo, los utilitarios, poseen una altura media de 0,65 m con lo cual pueden ser cargados a nivel de piso. No es recomendable tener distintas alturas de carga, con lo cual, una solución es mantener el dock de carga al mismo nivel y construir una rampa de concreto con una pendiente adecuada para nivelar los utilitarios hasta la altura del dock.

En la Tabla 7 se resume la información de la Tabla 6 agregada según el tipo de boca.

Tabla 7 *Tiempo de carga requerido por tipo de boca.*

Tipo de vehículo	Tipo de boca	Total de cargas por día	Tiempo requerido [min]	Tiempo requerido [h]	%
Utilitarios	A nivel	42	294	4,9	21,30
Chasis	Nivelador de dock	46	1086	18,1	78,70
Balancín					
Semi / TEU / FEU					
<b>Total</b>		<b>88</b>	<b>1380</b>	<b>23,0</b>	<b>100</b>

#### 4.3.7 Cantidad de bocas necesarias.

Para determinar la cantidad de bocas necesarias de cada tipo se tienen en cuenta las horas pico. Por el tipo de operatoria de la empresa, se divide la ventana horaria en dos turnos:

- Mañana: de 8:00 a 12:00.
- Tarde: de 13:00 a 17:00.

El estudio de los tipos de vehículos indica que los utilitarios se concentran mayormente durante la mañana, ya que se dedican a la distribución local durante el día. Los camiones, en cambio, se cargan prioritariamente durante la tarde, ya que viajan durante la noche para estar a primera hora en los centros de distribución del resto del país. En la Tabla 8 se detalla el cálculo teórico de bocas necesarias según el porcentaje de cargas.

Tabla 8 *Cálculo de requerimiento teórico de bocas por turno.*

Tipo de vehículo	Turno mañana 8:00 a 12:00 h			Turno tarde 13:00 a 17:00 h		
	Cargas [%]	Tiempo requerido [h]	Bocas requeridas	Cargas [%]	Tiempo requerido[h]	Bocas requeridas
Utilitarios	90	4,4	1,10	10	0,5	0,12
Camiones	35	6,3	1,58	65	11,8	2,94
<b>Total</b>		<b>10,7</b>			<b>12,3</b>	

De la Tabla 8 se obtiene que las bocas necesarias para cubrir las necesidades de carga durante toda la ventana horaria sean:

- Cantidad de bocas a nivel para utilitarios: 2.
- Cantidad de bocas con nivelador de dock para camiones: 3.

#### 4.4. Diseño del espacio para la explanada.

En la Figura 10 se muestra un esquema en vista de planta de las dimensiones destinadas a cada área. Todas las vistas de planta son de diseño propio con datos proporcionados por la empresa.

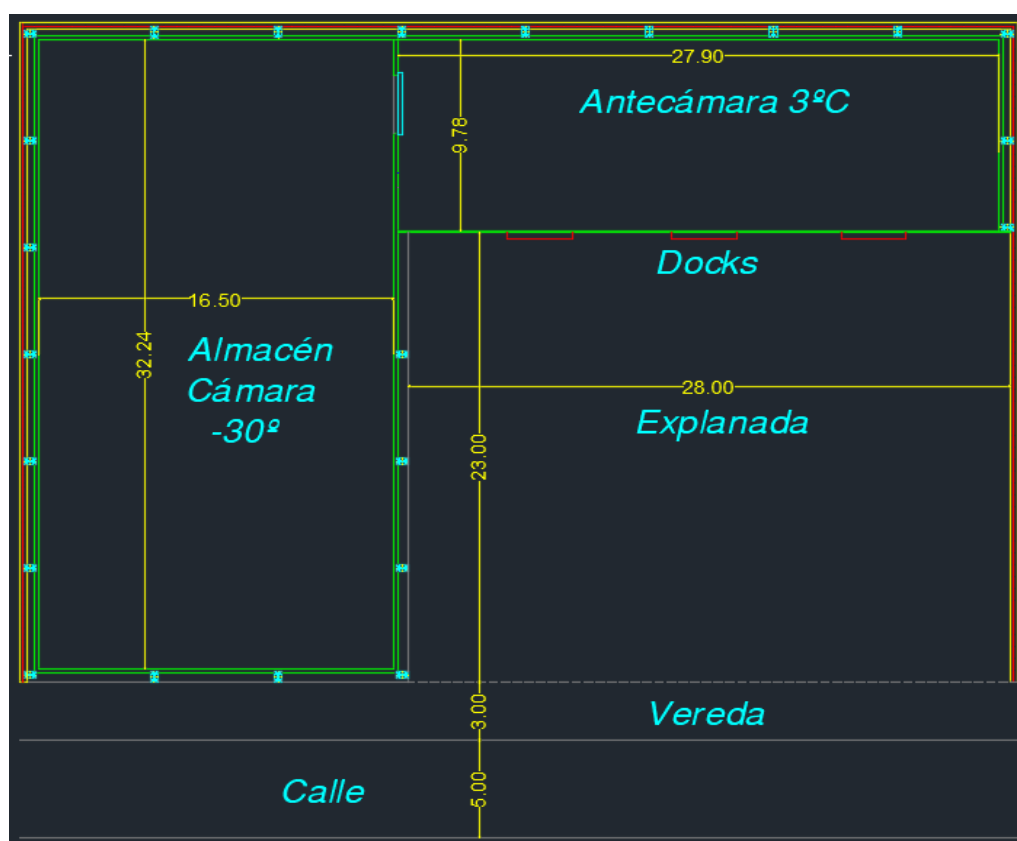


Figura 10 *Vista de planta de las zonas planificadas.*

Las dimensiones de la explanada son: 28 m de ancho y 23 m de largo hasta la línea municipal. En el relevamiento que se detalla en la Tabla 2 se observa que el vehículo más largo mide 22 m, con lo cual se puede asegurar que la explanada alcanza para cerrar las puertas del predio con los vehículos completamente adentro. Sin embargo, se necesita un mayor largo para que se puedan

realizar las maniobras de entrada y salida. Para este caso se consideran los 3 m desde la línea municipal hasta la calle más los 5 m del frente de calle para realizar la maniobra. Con 31 m disponibles, se debe mantener una distancia mínima de 6,5 m entre centro de bocas, según la Tabla 1.

De la Tabla 2 se obtiene también que el ancho máximo de camión es 2,7 m. Para este tipo de camiones las puertas rebatibles posteriores son de aproximadamente 1,3 m cada una. Entonces se requiere de una distancia mínima de 2 m para que se puedan abrir y cerrar cada puerta.

Si se consideran todas estas restricciones, no es posible ubicar cinco bocas en el playón de maniobras, ya que se requieren de 31 m de ancho. En la Figura 11 se puede observar cómo se vería esta distribución en un plano.

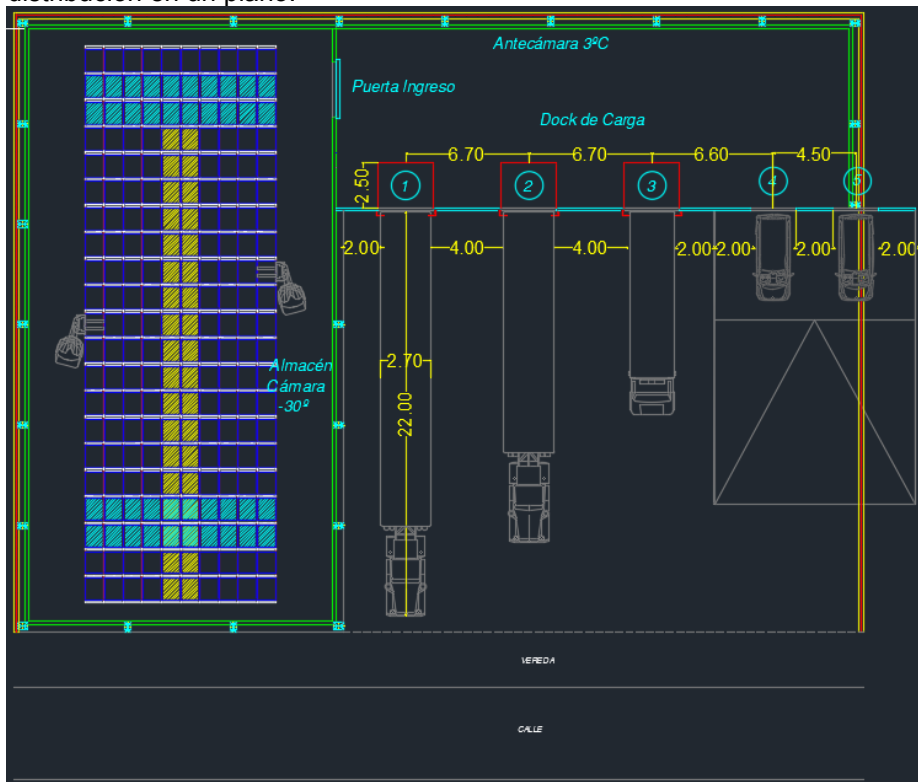


Figura 11 Distribución teniendo en cuenta todas las restricciones.

Por tal motivo, y dado que las bocas para utilitarios tienen un bajo porcentaje de utilización durante toda la ventana horaria, se decide colocar una sola puerta para ambas bocas con capacidad para atender en paralelo dos utilitarios. En la Figura 12 se puede ver el diseño final considerando esta simplificación.

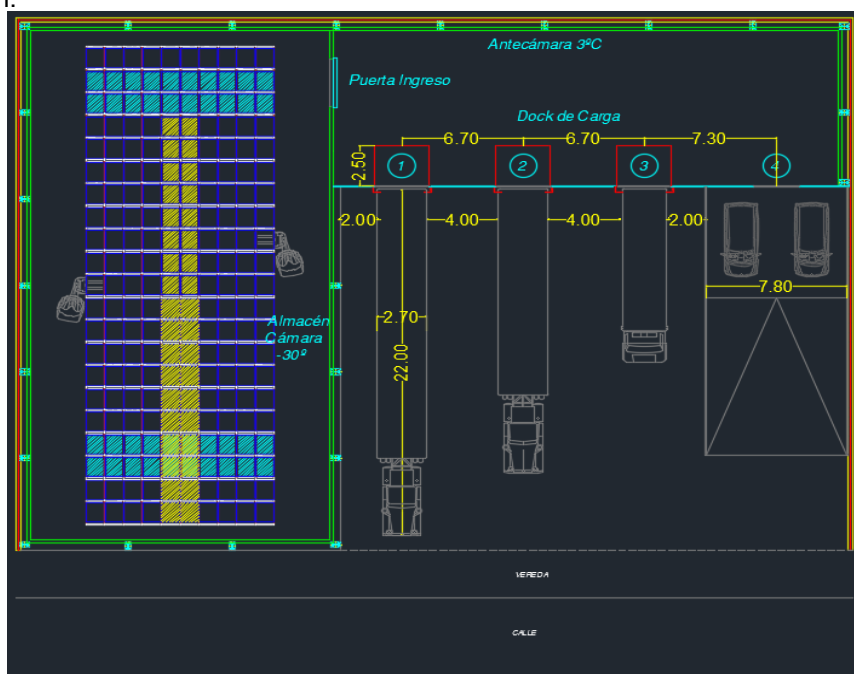


Figura 12 Diseño final con bocas para utilitarios unificadas.

#### 4.5. Diseño del andén propiamente dicho.

#### 4.5.1 Tamaño de los camiones.

El relevamiento de tamaño de los camiones que utilizaran el andén, ya se consideró en el cálculo del número de posiciones de andén (Tabla 2).

#### 4.5.2 Definición de la altura del andén.

Se calcula la altura del andén realizando el promedio ponderado de las alturas medias de los camiones (Tabla 2) respecto de la cantidad de cargas diarias de cada tipo de vehículo (Tabla 5). La pendiente resultante para el nivelador de dock no puede superar el 7 %, ya que las transpaletas eléctricas utilizadas por la empresa tienen este valor de especificación. La longitud de la plataforma niveladora planificada para esta instalación cuenta con 2,5 m de longitud. En la Tabla 9 se observa el desarrollo de los cálculos necesarios.

Tabla 9 Cálculo de la altura media del andén.

Camiones	Cargas diarias	Cargas diarias [%]	Altura media [m]	Diferencia de altura al dock de 1,23 m	% de pendiente nivelador 2,5 m
Chasis	22	47,83	1,10	-0,13	-5,4%
Balancín	20	43,48	1,35	0,12	4,6%
Semi / TEU / FEU	4	8,70	1,40	0,17	6,6%
Altura media ponderada			1,23	-	-

#### 4.5.3 Definición de los anchos de espacio de cargas.

Previamente determinado en la etapa de diseño del espacio de la explanada (Figura 12).

#### 4.5.4. Determinación de tamaños de puertas de la instalación.

Para determinar el ancho de la boca se toma como referencia el ancho máximo de camión de la Tabla 1 y se obtiene que el ancho máximo de camión es de 2,7 m. Como los vehículos pueden quedar levemente descentrados, se opta por utilizar una puerta con un ancho de 3,0 m.

Esta empresa comercializa productos congelados, con lo cual se necesita acceso despejado a todo el ancho y altura del equipo completo. En este caso se extiende la abertura de la puerta del andén a la altura de un contenedor TEU / FEU que llega hasta los 4,2 m sobre el nivel de la explanada. De esta manera, la altura de las puertas resulta ser de 2,97 m (4,2 m - 1,23 m que mide el andén).

#### 4.5.5 Selección de niveladores y topes

Los topes seleccionados para las bocas con niveladores son estándar de caucho moldeado, cuyo espesor es de 10 cm. Si bien existen topes de mayores dimensiones, el tope de 10 cm es preferible, porque reduce el espacio entre el piso del vehículo y la cara del andén. Un espacio más pequeño reduce el peligro de que los trabajadores pongan ahí los pies o el equipo.

La longitud de la plataforma niveladora planificada para esta instalación cuenta con 2,5 m de longitud, como ya fue descrito en el subapartado 4.5.2.

### 5. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se han realizado las siguientes contribuciones:

- Se realizó un relevamiento teórico destinado a obtener un proceso de diseño de muelles de carga, que se adapte a resolver la situación planteada.
- Se diseñó un muelle de carga, en función de las etapas propuestas en el proceso.
- Se calcularon, en función del análisis de los datos históricos de la demanda, la cantidad de bocas, su ancho, longitud de la explanada, entre otros parámetros importantes del diseño.
- Los datos obtenidos se adaptaron a la disponibilidad de superficie original de la empresa.
- La metodología propuesta resultó de suma utilidad para diseñar un andén de carga.

Se propone como trabajo futuro la verificación, utilizando simulación, de la eficiencia de los muelles calculados, utilizando como indicadores relevantes: los tiempos de espera de los vehículos y el tiempo de carga, entre los más importantes.

### 6. REFERENCIAS.

- [1] Ballou, Ronald H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México. 5ta edición. Pearson Educación. México.
- [2] Anaya Tejero, Julio Juan. (2011). *Logística Integral, La gestión operativa de la empresa*. Pozuelo de Alarcón, Madrid. 4ta Edición. ESIC Editorial, España.
- [3] Kelley Company. (2000). *Diseño Moderno de Andén*. Germantown, Wisconsin, USA. [www.lomag-man.org/quais%20plateautable/kelleydockplanningstandardsspanish.pdf](http://www.lomag-man.org/quais%20plateautable/kelleydockplanningstandardsspanish.pdf)
- [4] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2016). *Muelles de carga y descarga: seguridad*. Aiguaviva (Girona). [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1066a1077/ntp-1076.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1066a1077/ntp-1076.pdf)
- [5] <http://www.palletandstacker.com/dock-ramp.html>

# Modelo de logística inversa para la recolección de bidones de agroquímicos mediante Simulación de Eventos Discretos

Marquina, Fernando Francisco\*(1); Michemberg Conti, Enrique Jorge Santiago\*,  
Miguens, Javier\*; Mohamad, Jorge Alejandro\*

*\*Universidad Católica Argentina. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias*

*(1) fernandomarquina@uca.edu.ar*

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio y análisis de la disposición de los Bidones de Agroquímicos utilizados en los procesos agrícolas en un sector de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Para dicho análisis se aplicarán los conceptos de logística inversa en cuanto a la localización de los centros de acopio y tratamiento de los bidones desechados, y la determinación de sus capacidades operativas. La herramienta de cálculo a emplear para este propósito será la Simulación de Eventos Discretos. El resultado obtenido es un modelo de red de distribución de logística inversa que satisface la recolección de la totalidad de los bidones contaminados generados en el área de estudio, mediante una distribución desde 6 municipios que disponen de centros de acopio –CAs- hacia otros 7 municipios en los que se encuentran localizados los centros de acopio y tratamiento –CATs-.

**Palabras Claves:** Logística inversa. Simulación de eventos discretos. Bidones de agroquímicos

## ABSTRACT

The present paper aims to study and analyze the agrochemical containers disposal after their use in agricultural process in a specific area of Buenos Aires, Argentina. To develop this study, concepts of reverse logistics will be applied as long as to establish the disposal treatment and stock warehouse locations and to determine their operational capacities. The technique use for this purpose is Discrete Event Simulation. A reverse logistics network to collect the whole agrochemical containers disposal towards treatment and stock warehouses was obtained.

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y analizar la disposición de los Bidones de Agroquímicos luego de su uso. En nuestro país estos residuos representan un inconveniente de difícil solución debido a la gran dispersión territorial en la que se generan, y a la poca o casi nula alternativa para su eliminación según exige la reglamentación; lo que conlleva a ejecutar por parte de los productores agropecuarios prácticas peligrosas que afectan la salud de las personas y al medio ambiente, entre las que se destacan la quema, entierro o reutilización de estos envases.

Los Bidones constituyen el Sistema de Envasado de los pesticidas conocidos como Agroquímicos. Estos representan un problema debido a que parte del herbicida que contiene queda retenido en el PEAD (polietileno de alta densidad), convirtiendo este residuo en peligroso.

Nuestra propuesta de trabajo es que los Bidones de Agroquímicos son materia prima en potencia. Estos pueden ser usados para la producción de materiales que no estén en contacto directo con el ser humano (como por ejemplo los caños corrugados utilizados en instalaciones eléctricas).

Los datos que utilizaremos serán las hectáreas cultivables en la zona determinada, ya que los Bidones a tratar están directamente relacionados con el tipo de cultivo y la cantidad de hectáreas sembradas y cultivadas.

De esta forma analizaremos la cantidad y localización de los centros de acopio y tratamiento – CAT- en los cuales se tratarán los contaminantes, y de centros de acopio –CA-. Vinculando la oferta de materia prima (bidones de agroquímicos) y la capacidad de adquisición para su tratamiento de cada CAT, realizaremos como modelo un mapeo de los CA y CAT en la zona elegida, convirtiendo el mayor número de Bidones de Agroquímicos en materia prima, y disminuyendo el número de residuos contaminantes.

## 2 MARCO TEÓRICO

A lo largo del presente trabajo vamos a enfocarnos en la aplicación del software EXTENSIM para la simulación de los procesos de operaciones.

Se define simulación como: el proceso de reproducir el comportamiento de un sistema, utilizando un modelo que describa las operaciones del mismo [1, 2, 3, 4].

La simulación consiste en diseñar un modelo para realizar experimentos sobre un sistema real:

- Determina reacciones a diferentes reglas operativas o cambios de estructura.
- Puede ser usada conjuntamente con técnicas estadísticas y gerenciales tradicionales.
- Se usa normalmente un sistema informático.

[Simulación de sistemas discretos, son aquellos en los que sus variables de estado cambian en un conjunto de instantes de tiempo contable.

En este sentido la simulación es una alternativa indispensable para resolver muchos de los problemas que se presentan en la realidad.

Las etapas de la simulación se encuentran representadas por la Figura1:

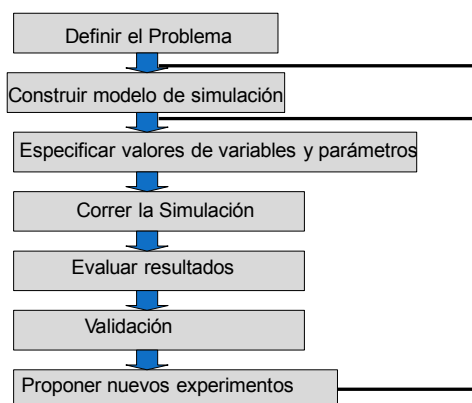


Figura 1 *Etapas de la simulación*

Hoy cada día existen mayores preocupaciones ambientales relacionadas con los negocios. Las compañías están examinando maneras de aumentar la eficiencia y reducir el impacto de sus operaciones en el ambiente. Los fabricantes sienten la presión de asumir la responsabilidad de sus productos desde que nacen hasta que mueren. El concepto utilizado es logística inversa [5], que se define como: proceso de planeación, implementación y control de flujos eficientes, efectivos en costos de productos, materiales e información desde el punto de consumo hacia atrás al punto de origen para las devoluciones, reparaciones, reprocesos y reciclado.

En esta propuesta ideamos un macroproceso en planificar, administrar y controlar el flujo de despackaging contaminado desde el lugar de consumo (siendo el sujeto de consumo el productor) hasta el punto de retorno (CATs o CAs) con el propósito de adecuar un “residuo” en un lugar

indicado para reconvertirlo en materia prima y crear valor económico, ecológico, legal o de imagen. Despackaging es un concepto que engloba todo elemento que envolvió o contuvo un producto ya usado, quedando vacío o en desuso, todo packaging discontinuado o ya utilizado; "residuo" del packaging. Para ello utilizamos operativamente logística inversa; donde proyectamos, implementamos y controlamos el flujo de despackaging de bidones de agroquímicos desde el punto de consumo hasta el punto de retorno de una forma eficiente y lo más económica posible con el propósito de recuperar su valor.

La herramienta de cálculo a emplear para este propósito será la Simulación de Eventos Discretos utilizando el software ExtendSIM. Los modelos de sistemas de eventos discretos tienen varias cosas en común [6]:

- Implican una combinación de elementos tales como personas, procedimientos, materiales, (lo que en ExtendSim recibe el nombre de ítems) con recursos propios tales como equipamiento, herramientas y personal.
- Cada proceso consiste en una serie de actividades lógicamente relacionadas que son llevadas a cabo con un propósito específico, normalmente la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Las actividades tienen determinada duración y usualmente involucran el uso de ítems y recursos.
- Los procesos están organizados en torno a eventos, como la recepción de partes, un pedido de servicio, o un llamado telefónico. Los eventos ocurren a intervalos aleatorios pero de alguna manera conocidos o predecibles.

Los bloques en la biblioteca Item corresponden a actividades, operaciones y recursos típicos en diferentes ambientes.

El bloque "create" genera ítems o valores, al azar o programados. Si se utiliza para generar ítems, los empuja dentro de la simulación y deberá ser seguido por un bloque "queue". El bloque "queue" línea de espera, funciona como una cola ordenada, los ítems esperan en orden FIFO o LIFO o basados en sus atributos o prioridades. Seguidamente el ítem es procesado por el bloque "activity" procesa uno o más ítems simultáneamente. El tiempo de procesamiento es constante o basado en la distribución o atributo de un ítem. Los recursos son los medios por el cual las actividades de los procesos y las operaciones son llevadas a cabo. El bloque "exit" libera ítems de la simulación y los cuenta a medida que salen. Estos bloques están conectados a una actividad o un diagrama de flujo de datos que representan un sistema. Los bloques de la biblioteca Item, se han optimizado para la modelización de servicios, manufactura, manejo de material, transportes y otros sistemas discretos. A menudo el propósito de la simulación es determinar dónde hay cuellos de botella en el proceso, realizar reingeniería de los procesos y ver qué partes del proceso pueden ser mejoradas.

### **3 EL PROGRAMA DE CASAFE Y LOS CENTROS DE ACOPIO**

La Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE) desarrolló el programa Agro Limpio, el cual tiene como objetivo la recolección y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos en la Argentina.

Según datos de 2014, los envases de agroquímicos identificados significaron 13.450 toneladas de plásticos diseminadas por el campo. En el mismo período, el programa de CASAFE logró recolectar 4.360 toneladas de plástico alrededor del país. Estos envases contaminados corresponden al 32% del total de envases de agroquímicos registrados. Con el trabajo de CASAFE y el programa de Agro Limpio, año tras año, se ha incrementado el número conocido de envases de Agroquímicos y su recolección.

Los usuarios tienen la obligación de entregar los envases vacíos luego de su respectivo tratamiento, a un centro de acopio autorizado por CASAFE. Estos tratamientos incluyen la técnica del triple lavado o lavado a presión, debiendo ser inutilizados mediante perforación, aplastados y embolsados.

Estos centros funcionan como depósitos, donde se acopian los Bidones de Agroquímicos. Para este trabajo, a los centros existentes en la actualidad los denominaremos como CA (centros de acopio).

Por otro lado, teniendo en cuenta que la técnica del triple lavado o lavado a presión remueve el agroquímico superficialmente, este mismo queda retenido en las moléculas del PEAD, haciendo su remoción únicamente posible a través de un tratamiento a temperatura, aprovechando la composición molecular orgánica del agroquímico y la característica inorgánica del PEAD, siendo el punto de evaporación de agroquímico mucho menor al del PEAD.

Este proyecto no analiza el proceso de tratamiento, pero lo toma como punto de partida para modelar la logística inversa a partir de la localización estratégica de CATs (centros de acopio y tratamiento, donde se elimina el agroquímico retenido en las paredes del PEAD) en un área determinada y de forma óptima para la instalación de un CAT en cada municipio. El modelo que se desarrollará, optimiza la logística inversa de recolección de bidones de agroquímicos. Se comenzará por el número mínimo necesario de CATs en el área determinada, teniendo un CA necesario en cada municipio, proporcionando un modelo al menor costo posible, pudiendo crecer hasta llegar al punto de un CAT por cada municipio.



#### 4 PLANTEO DEL MODELO LOGÍSTICO

En la zona sureste de la provincia de Buenos Aires se registra una alta densidad de siembra, por esta razón es la que seleccionamos como área de estudio para el modelo de logística inversa de recolección de bidones de agroquímicos. Se seleccionaron trece municipios de interés como se muestra en Figura 2.

Ayacucho – Azul – Balcarce – General Alvarado – General Pueyrredón – González Chaves – Lobería – Mar Chiquita – Necochea – Olavarría – Rauch – Tandil – Tres Arroyos

La selección se hizo teniendo en cuenta la importancia de la zona y como simplificación del modelo logístico. Los trece municipios conforman un entorno de 300 km a la redonda de Tandil.

SEMBRADO (Millon Ha) por Municipio y CULTIVO

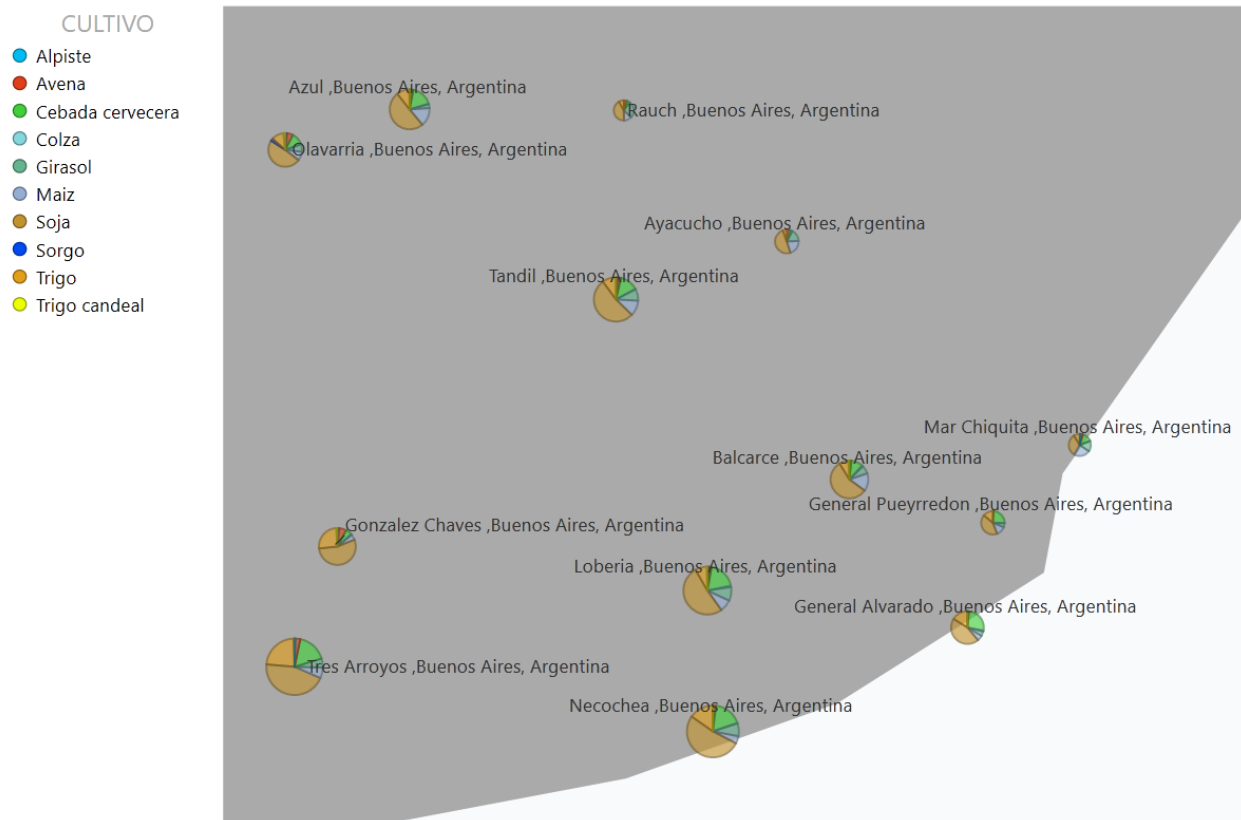


Figura 2: Área de aplicación del modelo de Logística Inversa

Para realizar la logística de recolección propondremos la localización de Centros de Acopio y Tratamiento dentro de municipios que cumplan cierta restricción. Aquellos en que esta no se cumpla serán únicamente Centros de Acopio. Seguidamente se procederá a optimizar los lotes de Bidones de Agroquímicos de cada localidad sin tratamiento, distribuyéndolos por los diferentes municipios que sí lo tengan.

Los lotes de Bidones de Agroquímicos se obtuvieron mediante los últimos datos relevados del Ministerio de Agricultura, Ganadería, y Pesca (período 2013/14), donde, por cada hectárea sembrada y cultivada, se estima haber usado al menos un bidón de pesticida, equivalente a 800 gramos de PEAD.

##### 4.1 Centros de Acopio y Tratamiento CAT

Cada uno de los municipios se puede representar en un eje cartesiano. El mapeo se centraliza en Tandil, el cual se encuentra rodeado de tres rutas de acceso. De esta forma, toda distancia entre municipios es menor a 300 km.

Se localizará un CAT en todo municipio que posea tres o menos municipios ajenos incluidos en un entorno de 150 km.

- Tres Arroyos es la única Localidad que cumple esta condición.

A la vez, en todo municipio que se produzca más de 300 toneladas de PEAD contaminado con glifosato se localizará un centro de acopio.

- Tres Arroyos también cumple esta condición.
- Tandil
- Necochea
- Lobería
- González Chaves
- Balcarce
- Azul

De esta forma, en el modelo se localiza 7 CAT, dentro de los 7 municipios que cumplen con una o las dos condiciones mencionadas. Los 6 municipios restantes, al no poseer centros propios, deberán distribuir sus packaging de agroquímicos en lotes parciales a los 7 CAT.

Se debe tener en cuenta la siguiente notación:

- 'i': Municipios con CAT incorporado.
- 'j': Municipios distribuidos en lotes parciales.

#### 4.2 Primera Restricción

La suma de los lotes parciales (BAP) del municipio 'j' a distribuir en cada municipio CAT 'i' no podrá exceder a la cantidad total de Bidones de Agroquímicos (BA) en dicho municipio (municipio 'j').

$$BA_j - \sum_i BAP_{ji} \geq 0, (j=1; \dots; 6)$$

#### 4.3 Segunda Restricción

Cada CAT 'i' podrá adquirir un máximo de 125 toneladas de PEAD contaminado. Siendo las 125 toneladas la suma de los packaging de los BAP de cada municipio 'j' que adquiera.

$$I_{ij} \cdot D_{ij} \leq 200 \text{ km}, (i=1; \dots; 7 \wedge j=1; \dots; 6)$$

La variable 'Iij' es una variable binaria:

'Dij' es dato, como se muestra en la Error: no se encontró el origen de la referencia.

'Iij=1': Se Activa la variable, el municipio 'j' se encuentra en un radio de 200 km con el CAT 'i'.

'Iij=0': No se Activa la variable, el municipio 'j' no se encuentra en un radio de 200 km con el CAT 'i'.

### 5 DESARROLLO DEL MODELO: CAPACIDAD Y OPERACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN DISCRETA

Para desarrollar la Simulación se utiliza el concepto de inventario de ciclo, donde la porción de inventario total por centro varía en forma directamente proporcional al consumo de bidones en la zona elegida. Si bien el comportamiento de consumo de agroquímicos produce que nuestra tasa de demanda no sea constante y uniforme, nos proporciona una estimación razonable para la modelización operativa.

Por otro lado, la recolección de los bidones será en red. Donde el traslado de los packaging se ajustará a la disponibilidad de tratamiento de los CAT. Siendo por consiguiente que ningún camión de recolección se trasladará vacío. De esta forma, al tomar una cantidad de bidones y llevarlos al centro más cercano, tomara los lotes ya pickeados para trasladarlos a un centro de tratamiento que tenga capacidad disponible de limpieza, mientras recolecta packaging de bidones a tratar.

#### 5.1 Conceptos y Definiciones

Se definen conceptos necesarios para la realización de la simulación, la cual trabaja con fenómenos de espera y teoría de colas, al ser un sistema integrado por varias unidades de servicios.

##### 5.1.1 Unidad de servicio

Centros de atención, en nuestro caso cada CA y CAT, que a la vez es un sistema constituido por canales y usuarios.

##### 5.1.2 Canal

Servidores, son entidades que realizan un servicio, los que confeccionarán operaciones internas como el pickeo, el control de calidad, etc.

##### 5.1.3 Usuario

En este caso lotes. Son las entidades que estarán recibiendo el servicio u operación. En un momento determinado, los lotes pueden estar siendo atendidos en uno de los canales, o si están todos ocupados, esperando a ser atendidos en una cola (lo que se asemeja a un depósito intermedio).

##### 5.1.4 Población

Conjunto de usuarios (lotes) potenciales del sistema. El tamaño de la población puede ser finito o infinito. Si la población es finita, pero lo suficientemente grande como para que la llegada de un cliente no afecte el valor de la probabilidad de otra llegada, se considera infinita.

##### 5.1.5 Arribos

La llegada de los lotes al sistema. La cual puede ser determinística, a intervalos entre arribos conocidos (ya sean iguales o desiguales) o aleatoria, a intervalos desiguales que responden a una determinada distribución de probabilidad.

##### 5.1.6 Modo de arribo

Los usuarios pueden llegar en forma individual o en masa (modo "batch"). Al ser lotes (si bien un lote está conformado por varias unidades) consideramos a las unidades que lo conforman como un usuario individual.

##### 5.1.7 Prioridad de atención

Son criterios de atención, que se refiere al orden de selección de clientes para cada canal. Se especifica los criterios utilizados en el escenario:

FIFO: First in firstout, se atiende según el orden de llegada.

Base con Prioridades: Estableciendo criterios de atención conforme a los atributos de los usuarios. Dicho criterio se utiliza para seleccionar a qué CAT irá cada camión que salga de expedición de cada CA.

### 5.1.8 Modo de atención

Un canal puede realizar el servicio u operación en forma simple o múltiple (en masa). Se hará uso de ambas, dependiendo el punto que nos encontremos en el escenario. Por ejemplo, la operación de CC se hará de forma simple por lote, sin embargo, en el caso de la expedición (donde los lotes que ingresan se encuentran ya pickeados) se hará en masa.

### 5.2 Propiedades de la simulación

Se define la duración de la simulación para un período de 12 meses. Donde, por cada hectárea sembrada y cultivada, se estima un consumo de al menos un bidón de pesticida, equivalente a 800 gramos. Cada ciclo de reposición en nuestro sistema corresponde a 1 mes.

Por lo cual, el tamaño de lote por ciclo por centro corresponde a:

- 64 Tn para Tres Arroyos.
- 38 Tn para Tandil.
- 53 Tn para Necochea.
- 46 Tn para Lobería.
- 25 Tn para González Chávez.
- 27 Tn para Balcarce.
- 30 Tn para Azul.
- Tn para Rauch.
- 21 Tn para Olavarría.
- Tn para Mar Chiquita.
- 9 Tn para General Pueyrredón.
- 20 Tn para General Alvarado.
- 9 Tn para Ayacucho.

En todo centro, tanto CA y CAT, al llegar los lotes de bidones, los mismos pasan por un control de calidad donde se verifica que estén embolsados, agüereados, y con el correspondiente triple lavado realizado por el productor agropecuario.

Dada la demanda por municipios (conforme por la siembra y cosechado del mismo), el tiempo disponible de almacenamiento de lotes para cada centro de acopio del municipio 'j':

$$TDA_j = \frac{\text{Horas Mensuales}}{BA_j |_{\text{mensual}}}$$

Siendo TDA el límite superior, tiempo máximo de trabajo por lote en cada centro:

- 11,25 Hs para Tres Arroyos.
- 18,95 Hs Tn para Tandil.
- 13,59 Hs para Necochea.
- 15,65 Hs para Lobería.
- 28,80 Hs para González Chávez.
- 26,67 Hs para Balcarce.
- 24,00 Hs para Azul.
- 120,00 Hs para Rauch.
- 34,29 para Olavarría.
- 102,86 para Mar Chiquita.
- 80,00 Hs para General Pueyrredón.
- 36,00 Hs para General Alvarado.
- 80,00 Hs para Ayacucho.

La cantidad de mano de obra corresponderá al tipo de centro en cuestión. Siendo un operario para cada CA y dos para cada CAT. A la vez, el transporte disponible para toda la zona será de tres camiones, los cuales recolectarán los bidones, llevándolos a los CA o CAT según corresponda.

#### 5.2.1 Recolecciones Admisibles

- Recolección de bidones en municipio con CAT: Se llevarán al CAT del municipio siempre que el envío este dentro del lapso correspondiente. Si el mismo se encuentra fuera de su lapso, se llevarán al CA o CAT más cercano al municipio. De ser un CA se ajustará al escenario de recolección de bidones en municipio con CA, de ser CAT se ajustará al escenario posterior y actual.
- Recolección de bidones en municipio con CA: Se llevarán al CA del municipio siempre y cuando se encuentre dentro del lapso correspondiente. A la vez, deberá tener lotes ya pickeados para (al dejar los bidones) llevar estos mismos al CAT más cercano. De no tener lotes pickeados, se ajustará al siguiente escenario.

### 5.3 Elementos de la Simulación

Los elementos utilizados en el software ExtendSim, los cuales fueron configurados para la elaboración del escenario en cuestión, se observan en la Figura 3.

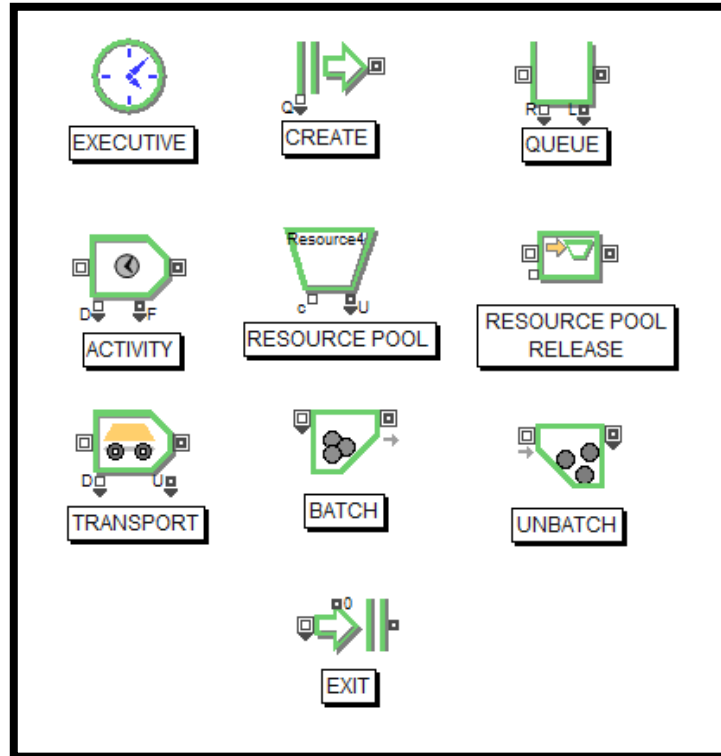


Figura 3: Bloques de Simulación con ExtendSim

### 5.3.1 Executive [Item]

El bloque Executive controla y programa los eventos en los modelos de eventos discretos y de tasa discreta. Su uso cambia la temporización (timing) a fin de que el tiempo de simulación avance cuando ocurre un evento, en vez de hacerlo a intervalos uniformes. Utiliza el tiempo de duración definido anteriormente.

### 5.3.2 Create [Item]

El bloque Create puede generar ítems con una distribución aleatoria, a un tiempo constante de llegada, a un tiempo programado o ante una demanda.

Se configura un bloque Create por cada centro existente, de acopio o acopio y tratamiento. En los trece casos se programa un arribo para cada mes, con las cantidades de tamaño de ciclo expuestas anteriormente.

### 5.3.3 Queue [Item]

El bloque Queue retiene, ordena y asignan un ranking a los ítems. Es donde se origina la cola de arribo, análogo a un depósito de llegada. Los ítems se liberan según un algoritmo seleccionado por el usuario, ya sea Resource pool queue, Attributevalue, First in firstout, Last in firstout y Priority. Las opciones incluyen deserción y ajuste del tiempo de espera.

El mismo es utilizado en el modelo para:

#### Recepción

Realizar la cola de arribos de material.

#### Depósito intermedio entre CC y Picking

Realizar la cola de arribos de material que sale del control de calidad, el cual se encarga de verificar el estado físico de los lotes llegados. Siendo estos los que ingresarán al pickeo a realizar previo a la expedición (en los casos de CA). Este bloque se correlaciona al bloque Resource Pool que se explicará más adelante, ya que, al salir el lote de este depósito, lo hace con un operario el cual será justamente el canal de la operación de CC.

#### Depósito intermedio entre Picking y Expedición

Realiza la cola de arribos del material pickeado que se dirige a la expedición (en los casos de CA). Este bloque se correlaciona al bloque Resource Pool, ya que al salir del depósito lo hace adjudicado a un transporte (camión).

#### Depósito intermedio entre Expedición y Recepción

En el caso de los CAT, al recibir los lotes de los CA, genera la cola en la cual se libera los lotes del transporte, para luego realizar el picking contrario al anterior.

#### Depósito intermedio – Conjunto de BA y BAP

También en el caso de los CAT, se realiza la cola de arribos entre los lotes que arribaron al CAT propios (BA) y los que arribaron de la expedición (BAP). Se correlaciona al bloque Resource Pool, ya que al salir del depósito lo hace con un operario el cual será justamente el canal de la operación de tratamiento del centro de acopio.

### 5.3.4 Activity [Item]

Bloque que tiene la función de procesar uno o más ítems simultáneamente. El tiempo de procesamiento es constante o basado en la distribución o atributo de un ítem.

El mismo es utilizado en el modelo para:

#### Control de calidad

Donde se verifica que los bidones estén embolsados, agüereados, y con el correspondiente triple lavado realizado por el productor agropecuario. Se utilizará luego de la recepción del material en cada uno de los trece centros.

#### Tratamiento Térmico de Limpieza

Limpieza a temperatura para remover las moléculas retenidas en el PEAD del material. Utilizado únicamente en los CAT.

#### **5.3.5 Resource Pool [Item]**

Mantiene unidades de un pool de recursos para ser utilizados en la simulación. Los recursos son tomados por el bloque Queue (en el modo "resource pool queue") y liberados a través del bloque Resource Pool en algún punto posterior en el modelo. El mismo se utiliza para liberar a los operarios y los transportes luego de realizar su función. Se define un bloque por centro que representan los operarios totales de cada centro, y un bloque llamado transportistas, que representan los transportes totales de la simulación. A la vez, en cada uno de estos bloques se define los costos fijos mensuales (sueldos) y el costo por uso (costo variable, agregado al sueldo por cada operación que realice el operario o expedición del transportista).

Para los CA, se habilita un recurso de operario por centro, mientras que para los CAT son dos recursos. En el primer caso el recurso realiza control de calidad y el pickeo. En el segundo, además de realizar estas operaciones, deben realizar el tratamiento térmico. No se diferencia entre operarios, por lo que suponemos que cada uno puede realizar todas las operaciones (por ser operarios calificados).

En los transportistas se define una cantidad de tres para toda la simulación, que irán distribuyendo los BAP a los CAT. Esto por supuesto significa que cuando los tres se encuentran ocupados, habrá una espera (o no) dependiendo de la demanda en ese momento de la simulación a expedir lotes.

#### **5.3.6 Resource Pool Release [Item]**

Lanza un número específico de unidades del pool de recursos, haciéndolos disponibles para su reutilización y dando lugar a que la cuenta en el bloque Resource Pool aumente. Es decir, libera a los operarios al terminar su operación y a los transportistas al terminar su expedición.

#### **5.3.7 Transport [Item]**

Mueve ítems de un bloque a otro. Tiene ajustes en el diálogo para definir a qué velocidad y cuánta distancia recorre un ítem. Se define que un transportista podrá realizar un viaje cada cinco días para evitar un costo por transporte vacío, o costo por camiones parados. A la vez, si bien se le paga al transportista un sueldo mensual (costo fijo) y un extra por expedición (costo variable), en este bloque se tiene en cuenta un costo variable por expedición el cual corresponde al combustible, mantenimiento, etc.

#### **5.3.8 Batch [Item]**

Une múltiples ítems en uno sólo para usar en el modelo. Esto hace que los ítems de entrada originales sean sustituidos y reemplazados por otros ítems de salida. Un ítem unido (batched) a otro puede separarse en un punto posterior en el modelo. Se utilizan estos bloques en los CA para el picking de cuatro lotes, y llevarlos a expedición.

#### **5.3.9 Unbatch [Item]**

Presenta salidas múltiples por cada ítem de entrada. Dependiendo de las selecciones en el diálogo, este bloque puede separar ítems que fueron previamente unidos o duplicar ítems que nunca formaron parte de un lote. Estos bloques son utilizados en los CAT para el picking contrario al de los CA, separándolos en cuatro lotes para llevarlos a la operación de tratamiento.

#### **5.3.10 Exit [Item]**

Libera ítems de la simulación y los cuenta a medida que salen. Serán los lotes procesados en el tratamiento térmico.

### **6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN**

Utilizando el Software ExtendSim, se pudo simular el modelo del sistema logístico, obteniendo un escenario posible de las circunstancias del modelo, dando resultados positivos para la implementación del modelo en la zona elegida de estudio, llevando el desarrollo del modelo a lo operativo, y verificando su posible implementación en la realidad.

La red de logística inversa modelada en ExtendSim se muestra en la .

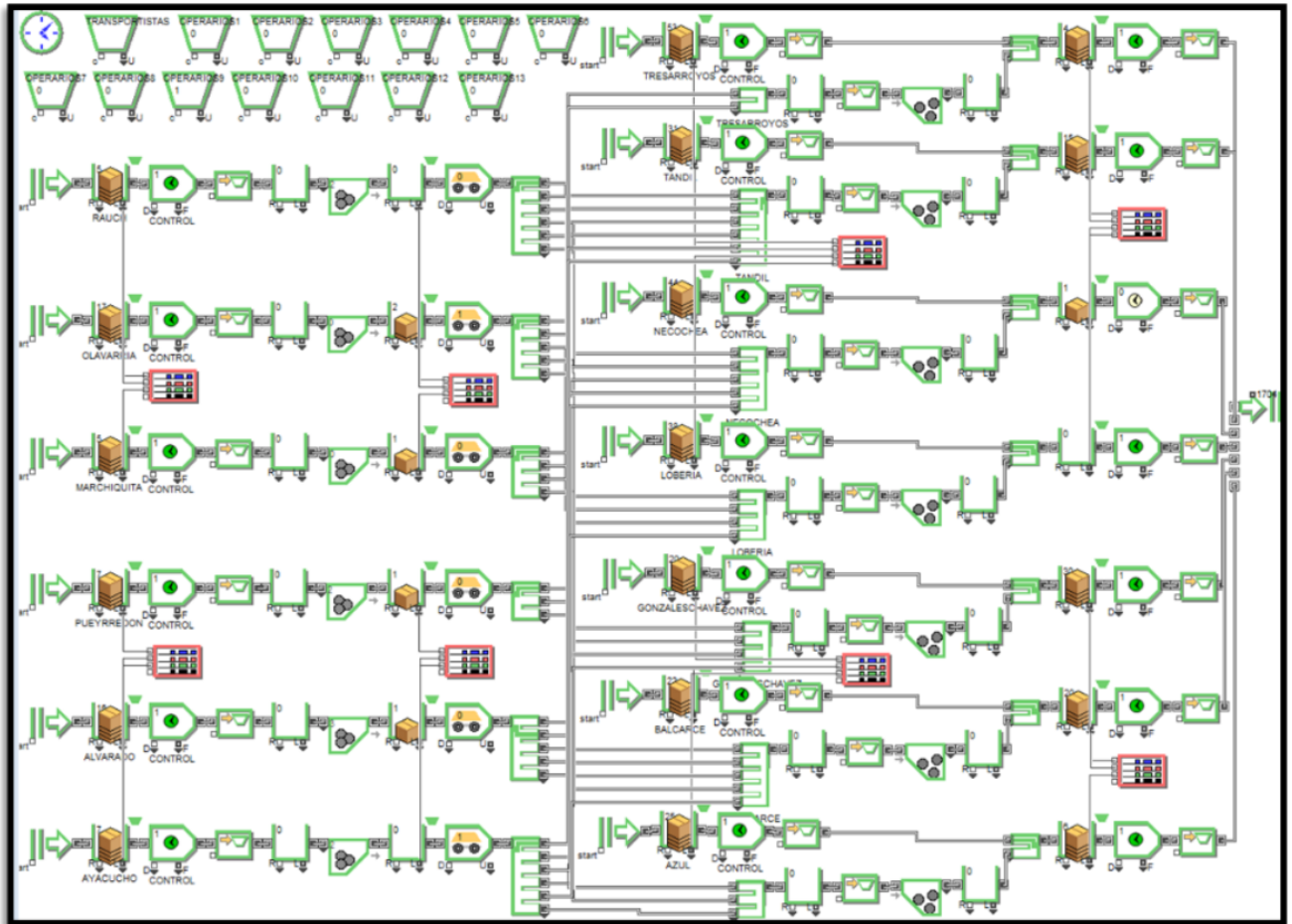


Figura 4: Modelo Logístico Simulado en ExtendSim

Podemos observar los resultados de mayor relevancia obtenidos a continuación:

## 6.1 Depósito de Recepción

### 6.1.1 Sin Atender

- CA Rauch 5 Lotes
- CA Olavarría 21 Lotes
- CA Mar Chiquita 6 Lotes
- CA Gral. Pueyrredón 8 Lotes
- CA Alvarado 20 Lotes
- CA Ayacucho 8 Lotes
- CAT Tres Arroyos 63 Lotes
- CAT Tandil 37 Lotes
- CAT Necochea 53 Lotes
- CAT Lobería 45 Lotes
- CAT González Chávez 24 Lotes
- CAT Balcarce 27 Lotes
- CAT Azul 29 Lotes

### 6.1.2 Transportistas

- Total de recursos: 3 Camiones
- Recursos en uso: 3 Camiones
- Utilización sobre el tiempo de simulación: 96.16%
- Centros en espera para transportar: 4 centros
- Promedio de centros en espera: 3 centros
- Promedio de espera: 0.1754 Meses
- Costo Total Anual: 1059571.5 \$

## 6.2 Depósito Intermedio Expedición a Picking

### 6.2.1 Arribos

- CAT Tres Arroyos 34 Lotes
- CAT Tandil 31 Lotes
- CAT Necochea 35 Lotes
- CAT Lobería 34 Lotes
- CAT González Chávez 29 Lotes
- CAT Balcarce 25 Lotes

- CAT Azul 19 Lotes
- 6.2.2 Salidas**
- CAT Tres Arroyos 34 Lotes
  - CAT Tandil 31 Lotes
  - CAT Necochea 35 Lotes
  - CAT Lobería 34 Lotes
  - CAT González Chávez 29 Lotes
  - CAT Balcarce 25 Lotes
  - CAT Azul 19 Lotes
- 6.2.3 Lotes sin Despackaging**
- CAT Tres Arroyos 0 Lotes
  - CAT Tandil 0 Lotes
  - CAT Necochea 0 Lotes
  - CAT Lobería 0 Lotes
  - CAT González Chávez 0 Lotes
  - CAT Balcarce 0 Lotes
  - CAT Azul 0 Lotes
- 6.3 Total de BA y BAP tratados por CAT**
- CAT Tres Arroyos 892 Lotes
  - CAT Tandil 562 Lotes
  - CAT Necochea 752 Lotes
  - CAT Lobería 665 Lotes
  - CAT González Chávez 385 Lotes
  - CAT Balcarce 399 Lotes
  - CAT Azul 431 Lotes

#### 6.4 Síntesis de resultados obtenidos

MUNICIPIO	OPERARIOS DISPONIBLES	COSTO POR MES	COSTO POR USO	TIEMPO [HS]
TRES ARROYOS	2	14000	100	11,25
TANDIL	2	14000	100	18,947
NECOCHEA	2	14000	100	13,585
LOBERIA	2	14000	100	15,652
GONZALEZ CHAVEZ	2	14000	100	28,8
BALCARCE	2	14000	100	26,667
AZUL	2	14000	100	24
RAUCH	1	7000	100	120
OLAVARRIA	1	7000	100	34,286
MAR CHIQUITA	1	7000	100	102,857
GENERAL	1	7000	100	80
PUEYREDON GENERAL	1	7000	100	36
ALVARADO	1	7000	100	80
AYACUCHO	1	7000	100	80

Tabla 1: Recursos de Control

OPERARIOS DISPONIBLES	COSTO POR MES	COSTO POR USO	COSTO VIAJE	CAPACIDAD DE LOTES A TRANSPORTAR	TIEMPO DE TRANSPORTE [DIA]
3	30000	100	500	4	5

Tabla 2: Recursos de Transporte

MUNICIPIO	OPERARIOS DISPONIBLES	COSTO POR MES	COSTO POR USO	TIEMPO [HS]
TRES ARROYOS	2	14000	100	9,41
TANDIL	2	14000	100	15,21
NECOCHEA	2	14000	100	11,22
LOBERIA	2	14000	100	12,78
GONZALEZ	2	14000	100	22,1

<b>CHAVEZ</b>				
<b>BALCARCE</b>	2	14000	100	20,65
<b>AZUL</b>	2	14000	100	19,21

Tabla 3: Recursos de Procesos de Tratamiento

## 7 CONCLUSIONES

El Programa de Agro Limpio nos permite identificar los Centros de Acopio y Tratamiento –CAT-, en los que se recogen y tratan los bidones de agroquímicos contaminados para su posterior reutilización como materia prima industrial; y los Centros de Acopio –CA-, en los que simplemente se recogen y almacenan.

Para aplicar el modelo se seleccionaron 13 municipios del sur este de la provincia de Buenos Aires que conforman un entorno de 300 kilómetros a la redonda de Tandil, zona que por experiencia se reconoce con alto nivel de producción agrícola, y por lo tanto de uso de agroquímicos. Estos 13 municipios son los ya enunciados en el desarrollo del trabajo. De los 13 municipios seleccionados, en 7 de ellos se localizan CATs, y en los 6 restantes solo CAs. De manera que los 6 municipios que disponen de CAs deben distribuir lotes parciales de bidones contaminados entre los 7 que poseen CATs. El criterio para asignar los CATs a los 7 municipios fue que cumplan alguna, o ambas, de estas 2 condiciones: poseer 3 o menos municipios ajenos en una distancia de 150 kilómetros, y producir más de 300 toneladas de bidones contaminados en un año. Además, a los CATs se les asignó una capacidad de recibir bidones contaminados de hasta 125 toneladas. En la red de logística inversa modelada se incorporó una condición de impida distribuir bidones contaminados (desde los municipios con CAs a los municipios con CATs) a distancias mayores de 200 kilómetros, a fin de restringir los costos de transporte asociados. El resultado, tal como se puede observar en el punto 5, es un modelo de red de distribución de logística inversa que satisface la recolección de la totalidad de los bidones contaminados generados en el área de estudio, mediante una distribución desde 6 municipios que disponen CAs hacia otros 7 municipios en los que se encuentran localizados los CATs. Además, el modelo nos proporciona la capacidad operativa requerida para cada uno de los CATs.

## 8 REFERENCIAS

- [1] R. Coss Bu, Simulación. Un enfoque práctico, Limusa, 2007.
- [2] Pazos Arias, José Juan; Suarez González Andrés; Díaz Redondo Rebeca (2003). Teorías de colas y simulación de eventos discretos, Madrid. 1era Edición. Pearson, España.
- [3] Piera Miquel Angel; Guasch Toni; Casanovas Josep; Ramos Juan José. (2006) Cómo mejorar la Logística de su empresa mediante la Simulación, Díaz de Santos.
- [4] Straka, M.; Malindzakova, M.; Rosova, A.; Trebuna, P. (2017). Application of extendsim for improvement of production logistics Efficincy. Professional paper ISSN 1726-4529
- [5] Krajewski, Lee J; Ritzman, Larry P; Malhotra, Manoj J. (2013) Administración de operaciones - Procesos y cadenas de valor, México: Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Décima edición, México.
- [6] ExtendSim, Guía del Usuario, Imagine That Inc, 2008.
- [7] M. Miranda, Sistemas de Optimización de Stocks, Buenos Aires: EDUCA, 2006.
- [8] M. Miranda, Teroía de Colas, Buenos Aires: EDUCA, 2005.
- [9] M. K. Solow, Investigación de Operaciones - El arte de la Toma de Decisiones, Prentice Hall, 2000.



# Análisis de programas de paletizado y desarrollo de un código para la toma de decisiones de unidades de carga en “R”

No, Irma Noemí (\*); Redchuk Cisterna, Andrés

*Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora  
Ruta 4 (ex-Camino de cintura) – Km. 2, Lomas de Zamora, Buenos Aires (1832)  
[no.irma@gmail.com](mailto:no.irma@gmail.com); [andres.redchuk@gmail.com](mailto:andres.redchuk@gmail.com)*

## RESUMEN

Las actuales prácticas de paletización desarrolladas por los ingenieros en empaque sugieren una importante incidencia de los softwares de simulación en problemas de paletizado (PLP). Las actuales tomas de decisión en este campo se orientan hacia una logística ajustada mediante el respaldo de herramientas informáticas robustas. En este sentido se analizan bajo estándares de calidad y prestación dos programas de extendido uso profesional y diferente perfil de negocios: TOPS Pro (pago) y PLMPack Stack Builder (gratis y de código abierto). A través de la significatividad de sus aportes y también considerando las preferencias recogidas y analizadas sobre un grupo de profesionales del área, se desarrolla un script ejecutable en el entorno “R”, que garantiza un conocimiento robusto y fiable sobre las eficiencias de distribuciones de carga en procesos de paletizado, para las tomas de decisión en PLP. En este artículo se exponen las distribuciones de carga distinguidas en procesos de paletizado corroboradas por tres vías: normas vigentes, análisis de riesgos según la experticia profesional y cálculo informático de eficiencia espacial, finalmente se muestran las salidas del paquete elaborado y disponible para su crecimiento en “R”. Se puede considerar que la metodología utilizada para detectar factores relevantes en los programas vigentes generando nuevos códigos propios en abierto, es una muestra del empoderamiento informático posible en diversos ámbitos de la ingeniería.

**Palabras Clave:** paletizado ajustado, riesgos de paletización, distribuciones de carga, paletización en “R”.

## ABSTRACT

The current palletization practices developed by packaging engineers suggest an important incidence of simulation software in palletizing problems (PLP). The current decision-making in this field is oriented towards an adjusted logistics through the support of robust computer tools. In this sense, two programs of extended professional use and different business profile are analyzed under quality and performance standards: TOPS Pro (payment) and PLMPack Stack Builder (free and open source). Through the significance of their contributions and considering the preferences collected and analyzed on a group of professionals in the area, an executable script is developed in the "R" environment, which guarantees a robust and reliable knowledge on the efficiencies of load distributions in palletizing processes, for decision making in PLP. In this article the distributions of load distinguished in palletizing processes corroborated by three routes are exposed: current standards, risk analysis according to professional expertise and computer calculation of spatial efficiency, finally the outputs of the package prepared and available for growth in "R" are shown. It can be considered that the methodology used to detect relevant factors in the current programs by generating new open codes, is a sample of the possible informatic empowerment in various fields of engineering.

## 1. INTRODUCCIÓN

La selección del empaque y su disposición en pallets es un problema matemático que involucra variables dimensionales bajo restricciones geométricas reales y parámetros de optimización contextuales (características mecánicas del empaque y propias del producto). Se pueden encontrar diferentes abordajes a la problemática del paletizado (PLP) exhibiendo una informatización oportuna para el planteo matemático/logístico de esta labor industrial, a través de modelizaciones exactas, heurísticas y simuladas. Un importante recorrido bibliográfico acerca de los distintos enfoques sobre PLP puede leerse en el escrito de Zúñiga y Vargas-Osorio [1]. Desde la perspectiva de una toma de decisión del ingeniero en empaque se considera la optimización de las distribuciones, medidas en eficiencia espacial, y se analizan las prestaciones de los programas PLMPack StackBuilder [2] y TOPS Pro [3], según los parámetros expuestos en la Figura 1, sin descuidar el control de calidad [4] que sugieren las normativas vigentes [5], [6].

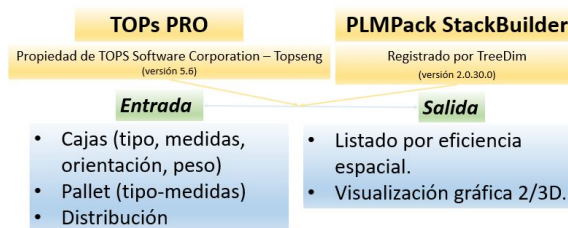


Figura 1- Parámetros considerados

Con el objetivo de *determinar la participación de los diferentes factores que importen a la toma de decisión en cuanto a la elección de un paletizado específico*, se realiza un recorrido estadístico descriptivo, correlacional y multivariante (análisis de componentes principales -ACP) sobre las salidas de los programas anteriormente mencionados.

Los resultados -numéricos y conceptuales- obtenidos, se acompañan de un análisis de riesgos [7] sobre las preferencias expresadas por un conjunto de profesionales del área, con el objetivo de *generar un código de paletización ejecutable en el entorno abierto y globalmente extendido "R"*, iniciando de esta manera, una línea de trabajo no transitada hasta el momento ni disponible en los paquetes actuales de esta importante herramienta. El código creado es testeado mediante estrategias de simulación para corroborar su correspondencia con las salidas generadas por los programas analizados. [8]

Optimización, oportunidad y preferencias profesionales se unen para ofrecer soluciones orientadas al logro de una *paletización ajustada* como parte de un proceso logístico estratégico, siguiendo los principios de detección, clasificación y manipulación de las variables explicativas de la eficiencia espacial como ventaja competitiva. [9][10]

## 2. MARCO TÉCNICO DE PLP

Para operacionalizar el análisis se realizó un recorte de las componentes que intervienen en el estudio del proceso de paletizado, con enfoque en las restricciones / insumos / distribuciones recomendados por las normas regionales e internacionales vigentes (IRAM 6733, 6736, 10011, 10014, 10040, ISO 3037 (2007), 3394 (2012), 3676 (2012)), y en las sugerencias técnicas de diferentes manuales y protocolos organizacionales (internos).

### Síntesis de recomendaciones:

- Impedir que una arista inferior del embalaje (caja) se sitúe entre la separación de las tablas del pallet (IRAM 6736), y evitar cargas excedentes o adentradas al contorno perimetral del pallet.
- Anular los "consumidores de volumen" - cavernas, chimeneas, pasillos, bolsas y fuertes adentramientos – los cuales, además de reducir la eficacia en la manipulación, almacenaje y transporte, perjudican a menudo la estabilidad de la carga. [11]
- En las unidades de carga conformadas por cajas de cartón corrugado, estas deben alinearse preferiblemente en forma vertical, haciendo coincidir sus cuatro esquinas; es decir, sin trabarlas. La no coincidencia de aristas provoca la pérdida de hasta un 45% de resistencia vertical y generalmente provoca cargas adentradas. Con el encolumnado basal (con un mínimo de las tres primeras capas) se aprovechará al máximo la resistencia vertical de las cajas.
- Optar por dos métodos de estiba: el encolumnado total (con intercalado periódico de un separador/hoja de cartón), o bien, el encolumnado basal con trabado de la última o dos últimas capas superiores de la unidad de carga paletizada.
- Para determinar las medidas de los embalajes se recomienda considerar submúltiplos de las dimensiones del pallet, aprovechando toda la superficie de carga. (Sugerencias de medidas de cajas y pallets en ISO 3394 e ISO 3676).

Con el objetivo desarrollar los diferentes análisis se decidió trabajar con un embalaje fijo, optando por las cajas de cartón corrugado con onda tipo "C". Una rápida vista de la interfaz de usuario de los programas utilizados puede observarse en la Figura 2.

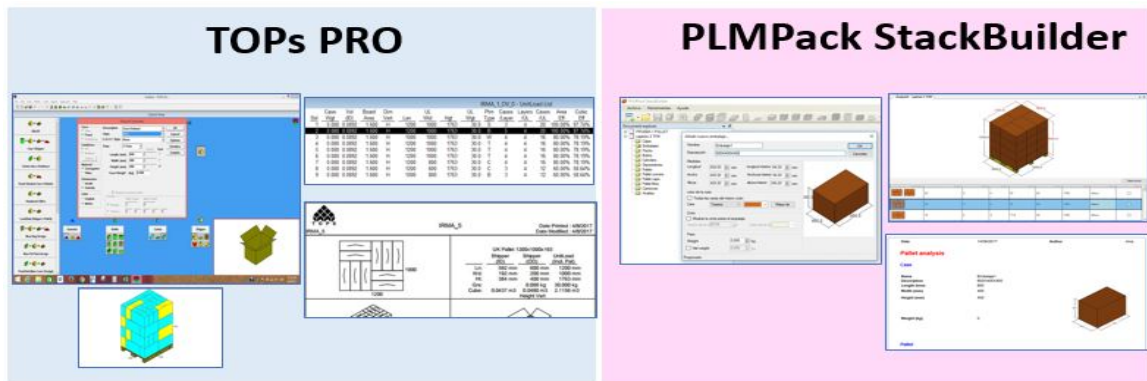
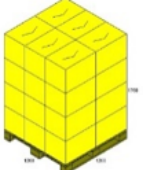

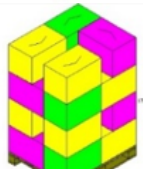
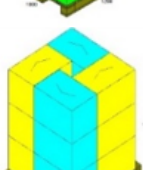


Figura 2 - Vistas de los programas de prueba

### 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PROGRAMAS DE PALETIZADO

Reuniendo las recomendaciones técnicas y normativas, se pueden seleccionar dentro de cada menú disponible en los utilitarios informáticos TOPs y StackBuilder, las características de los pallets, las cajas a ingresar y las distribuciones o mosaicos de paletizado a considerar para obtener soluciones viables de paletizado, con el objetivo de realizar un análisis estadístico comparado (observemos que existen mosaicos propuestos por los programas incumplen algunas recomendaciones, pero son mostrados como soluciones factibles por los utilitarios - Tabla 1).

Tabla 1- *Valuaciones consideradas para analizar comparativamente TOPs y StackBuilder*

ítem		Dimensiones (mm)			TOPs		StackBuilder		
Pallet	Pallet1	1200x1000x150			ARLOG		Uk standard		
	Pallet2	1200x800x144			Europallet		EUR		
Distribuciones	C				1Block		Colum		
	B				2Block		InterBlock		
	T				3Block		Triblock		
	D				Diagonal		D-Espiral		
Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Caja 5	Caja 6	Caja 7	Caja 8	Altura	
600	300	200	150	600	300	200	150	400	
400	400	400	400	200	200	200	200	mm	
Variables de salida		Eficiencia de área (valor porcentual)							
		Informe final (no valorizado)							

En lugar, realizó análisis

primer se un de

variabilidad en las mediciones entre ambos programas, con la metodología de repetitividad y reproducibilidad (R&R) en Minitab, sobre una muestra de 128 mediciones de eficiencia espacial en los paletizados logrados (considerando ocho cajas, dos pallets, cuatro distribuciones y los dos programas), según la ecuación (1)

$$\text{Medida de eficiencia} = F(\text{programa}, |\text{embalaje}, \text{pallet}, \text{distribución}|) \quad (1)$$

Ambos programas arrojaron óptimos no directamente atribuibles a parámetros específicos, resultando indistinguibles las fuentes de variabilidad en las mediciones de eficiencia. Esta situación era previsible debido a la intervención de rutinas determinísticas para el cálculo de la optimización del paletizado (en las cuales los errores de repetitividad se desvanecen considerando como operadores a los programas).

Realizamos un recorrido descriptivo de las variables involucradas en nuestro PLP, para dar paso a interrogantes de tipo correlacional no causal entre variables, finalizando con un análisis de factores principales (ACP). El principal objetivo estadístico del trabajo fue determinar la participación de los diferentes factores que importen a la toma de decisión en cuanto a la elección de una distribución determinada en el proceso de paletizado, para lograr una eficiencia en el uso espacial (optimización de ocupación de área de paletizado).

**Los principales resultados obtenidos con Minitab se detallan a continuación:**

- Rechazo de independencia entre las variables: *distribución - programa utilizado* (contingencia / chi-cuadrado test). Las diferencias en la proporción de las cantidades de Soluciones por distribución-Programa se pueden ver en la Figura 3 (izquierda).
- Medias y varianzas de la variable *eficiencia de área* indiferenciables entre programas (T-test). En la Figura 3 (derecha) se puede observar la similitud de medias de la eficiencia de área de los programas (prácticamente a la misma altura del boxplot).

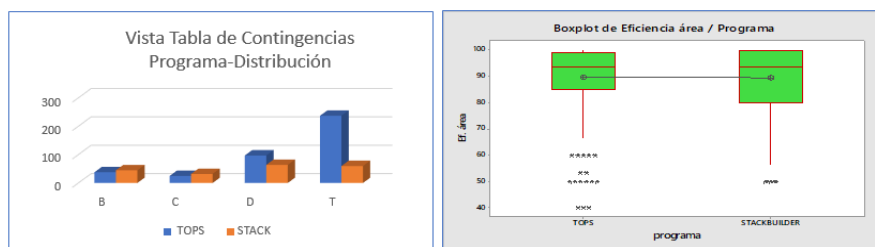


Figura 3- Análisis estadístico (parte 1)

- Distribución no normal de la *variable eficiencia de área*, evidenciando en ambos programas un comportamiento tipo Weibull (con  $K > 1$ ).
- Los factores principales detectados que afectan a la no-normalidad de la variable eficiencia de área son: “*la distribución D*” y “*las dimensiones extremas de los embalajes*”, en ambos programas (Ver Figura 4).

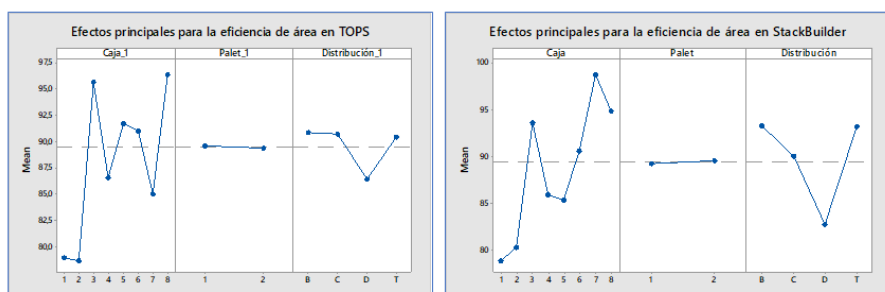


Figura 4 – Análisis estadístico (parte 2)

- El test de Levene demuestra (en ambos programas) que al menos *una de las distribuciones otorga una varianza de eficiencia de área diferenciada del resto*. Profundizando en esta diferenciación que provocan las distribuciones sobre las eficiencias de paletizado, se pudo detectar mediante el test de Kruskal-Wallis *la no igualdad de medianas de la variable eficiencia de área* (en el programa StackBuilder).
- Durante el análisis correlacional y de componentes principales se logran especificar algunas sutiles diferencias entre los programas de simulación de paletizado TOPs y StackBuilder:

- La distribución “D” interactúa con los elementos del proceso de paletizado (“caja” y “pallet”) influyendo en los valores de la variable resultado eficiencia de área en StackBuilder. La misma interacción se evidencia entre “D” y las “cajas” en el programa TOPS, como puede observarse en la Figura 5 (que muestra parte del DOE realizado).

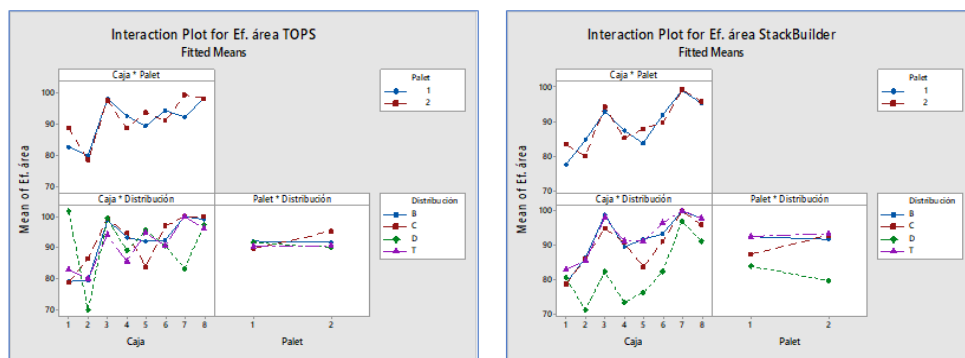


Figura. 5 – Salidas análisis DOE

- Durante el análisis de componentes principales se observó la importante influencia de la variable pallet en la salida “eficiencia de área”. Este protagonismo resulta razonable por la participación de las características dimensionales del pallet en la propia definición aritmética de la eficiencia espacial. El análisis ACP refuerza lo observado en cuanto a la *no independencia distribución-programa* (observar la diferencia en los biplot vectoriales en este aspecto en la Figura 6). Las distribuciones son un factor relevante en el programa StackBuilder.

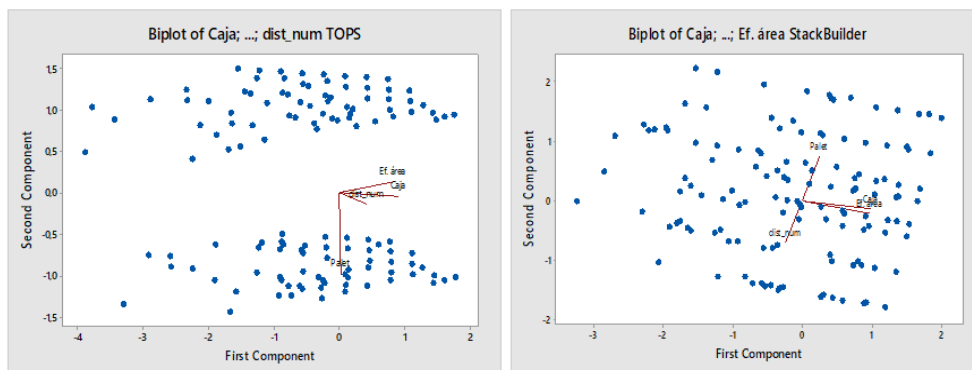


Figura 6 - ACP de paletizado

Todos los resultados obtenidos perfilan las similitudes y diferencias entre los programas de paletizado TOPS y StackBuilder, otorgando una base de trabajo para la elaboración de un código en “R” que conserve las características comunes y el peso de las variables distinguidas para la optimización de la eficiencia espacial.

#### 4. ANÁLISIS DE RIESGOS

Para realizar una versión de paletizado ajustada, se utilizará la experiencia previa de ingenieros en empaque. Consultados sobre la metodología de selección utilizada para la toma de decisión en las distribuciones adecuadas para la paletización de productos, los profesionales del área nos comentan la importancia de los protocolos internos (políticas de paletizado, acuerdos a las normas vigentes) los cuales se constituyen en estándares de procedimientos (OPS (Operate Procedures Standards)). Sin embargo, también reconocen la utilización de soluciones particulares (que parten de su ingenio y criterio), basadas en características específicas asociadas a ciertos riesgos del caso. En este marco de decisión multicriterio, se realizó un recorte mediante el planteo de un proceso analítico – jerárquico (AHP, en Web-HIPRE [12]) como soporte al sistema de decisión (DSS). Para categorizar los índices de accidentalidad en la logística ligada al paletizado se realizó una desagregación (enumeración clasificatoria) de los riesgos asociados al proceso. (Tabla 2).

Tabla 2- Riesgos principales, sus fuentes y consecuencias

Riesgo (#)	Evento/Incidente	Fuentes del riesgo	Consecuencias (dependen de la gravedad del incidente)
------------	------------------	--------------------	-------------------------------------------------------

R1	Derrumbes	-Distribución no adecuada. -Overhang fuera de especificación. -Manipulación y/o transportación inadecuados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de sujeciones y consolidaciones.</li> <li>• Necesidad de repaletizado.</li> <li>• Pérdida de embalajes.</li> <li>• Pérdida de embalajes y productos.</li> <li>• Pérdida total de la unidad de carga.</li> <li>• Accidentes laborales asociados.</li> </ul>
R2	Vuelcos	-Errores en el diseño y/o especificación de embalaje. -Distribución no adecuada. -Estibado en altura excesiva. -Manipulación y/o transportación inadecuados.	
R3	Desplazamientos	- Distribución no asegurada. - Manipulación y/o transportación inadecuados.	
R4	Pandeos	- Sobreesfuerzos en el embalaje. - Condiciones atmosféricas. - Producto embalado. - Diseño del embalaje.	
R5	Colapso	- Características del embalaje. - Distribución no óptima. - Sobrecargas a la compresión admitida.	
R6	Deterioro	- Exposición incorrecta. - Factores atmosféricos y de conservación. - Períodos excesivos de almacenamiento.	
R7	Ejecución	- Distracción. - Falta de capacitación. - Interpretación errónea. - Mala praxis.	

Para realizar el análisis cualitativo de los riesgos de la actividad de paletizado, se adaptó el procedimiento sugerido en el artículo de Soon-Jae Lee y Hye-Kyung Chung [13], basado en el dimensionamiento de los riesgos por verosimilitud e impacto. (Tabla 3)

Tabla 3- Dimensionamiento de riesgos

Escala	Pérdidas estimadas en Costes de Proceso (De producto, de tiempo, de oportunidad, de RRHH)	Probabilidad estimada
5	Costes de tapas, laterales, films y medidas de sujeción adicional	26-99%
4	Costes de tiempo y mano de obra en tareas de repaletizado	11-25%
3	Costes por pérdidas de embalajes y/o productos	6-10 %
2	Costes de descarte de carga completa y rediseño	2-5%
1	Costes de indemnización por accidentes de trabajo	1%
Escala	Severidad del Incidente	Consecuencias
5	Irreparable	Accidentes laborales
4	Muy serio	Pérdida total de unidad de carga
3	Serio	Pérdidas de embalajes y productos
2	Significante	Pérdida de embalajes
1	Menor	Necesidad de repaletizado
0	Insignificante	Medidas de Sujeción y consolidación



Encuestando a los profesionales relacionados con el área de empaque que conforman la muestra local, se obtuvieron las frecuencias observadas que intervienen junto con los pesos/escalas detalladas, en el cálculo del posicionamiento de cada riesgo en el mapa de situación/acción que se muestra en la Figura 7.

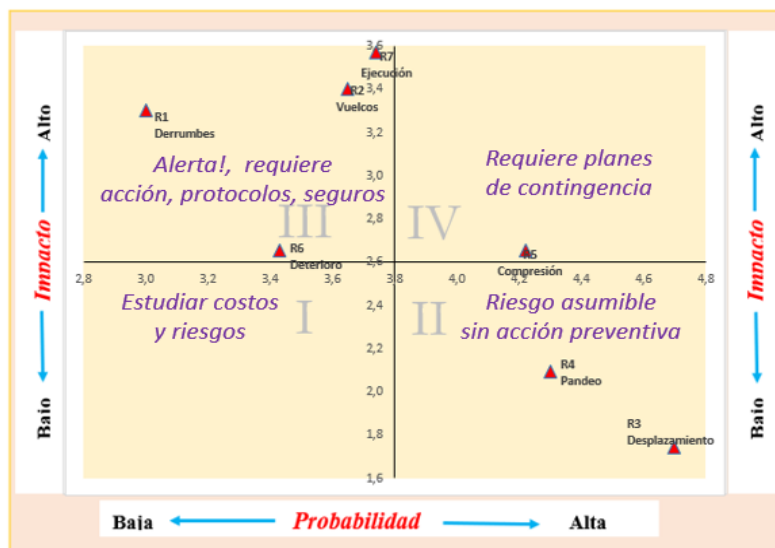


Figura 7- Distribución de riesgos según encuesta

Se debe aclarar que la expresión “sin acción preventiva” hace alusión a medidas adicionales a las típicas prácticas de sujeción en paletizados.

Para analizar la relación entre los criterios de distribución y los riesgos del proceso de paletizado se preguntó a los ingenieros en empaque acerca de su percepción, experiencia y preferencias, mediante una encuesta puntual “Relación distribución-riesgos”.

La pregunta “¿Cuál de las distribuciones prefiere y por qué (la prefiere)?”, ha arrojado un 56% a favor de la distribución C, un 26 % de encuestados que prefirieron la distribución D, y el 18% restante se repartió en igual proporción en preferencias por las distribuciones B y T. La elección por la distribución C alude a estándares vigentes, tradiciones y/o especificaciones técnicas de resistencia de los embalajes. Por otra parte, existen referencias al uso de técnicas de sujeción para combatir posibles inestabilidades por apilamiento vertical, como el uso de laterales y tapas, y el diseño de una capa superior de diseño cambiado en forma de “trabado”. La preferencia por la distribución D, encuentra su argumentación en la solidez de este diseño ante posibles desplazamientos por transportación. También se hace alusión a la posibilidad de un sencillo tratamiento de riesgos de ejecución mediante el entrenamiento a operarios y la automatización del proceso de paletizado.

La percepción y experiencias con respecto a los riesgos y las distribuciones (mosaicos) de paletizado se muestran en la Figura 8.

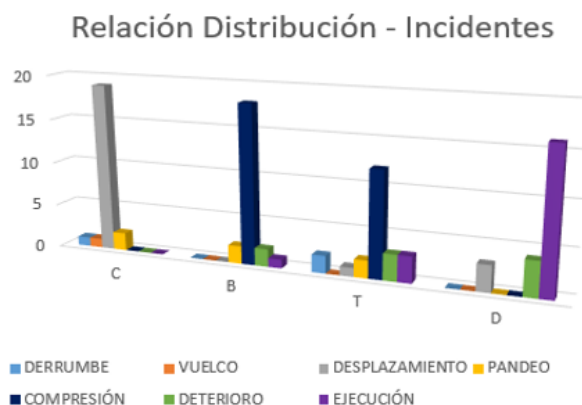


Figura 8 - Frecuencias observadas en relación distribución – riesgos

## 5. PALETIZACIÓN EN “R”

La intención de generar un código de ayuda a la decisión en procesos de paletizado en el entorno de desarrollo “RStudio” responde a la inquietud de ampliar las prestaciones del programa “R” con el aporte de paquetes orientados a la ingeniería, para sumarlos a su oferta vigente, abierta y gratuita.

Con el recorrido realizado, el objetivo es: dada una distribución, generar el algoritmo que otorgue un listado de eficiencias que ayude a la decisión del ingeniero en empaque. Para ello, se desarrolla un código con parámetros restringidos por las recomendaciones de normas y tradiciones, con layers de patrón repetido o giro de 180°, y una prueba en simulación para corroborar que las características de los algoritmos creados conservan las categorías, distinciones y características estadísticas observadas en los programas analizados (TOPs y PLM StackBuilder).

El centro del programa es la optimización que soluciona el PLP, es decir, la lógica de los algoritmos que distribuyen con eficiencia los embalajes según los diferentes mosaicos posibles:

- Distribución "C"

El primer código creado corresponde a la distribución encolumnada "C", considerada técnicamente la más apropiada para soportar compresiones, dado su apilamiento vertical en las aristas de esfuerzo, según la recomendación de las normas y estándares vigentes.

La lógica de la distribución encolumnada se basa en el mantenimiento de la orientación de las cajas, distribuidas conforme no excedan las medidas del pallet. Una vez decidida la orientación, ésta se mantiene ubicando los embalajes de manera consecutiva mientras exista aún, espacio para una caja más.

En este primer Script se consideró una posible orientación de las cajas (el largo de las cajas "l" coincidentes con el largo del pallet "L", y el ancho de las cajas "a" coincidente con el ancho del pallet "A"), pero esta posibilidad no es única (como puede observarse en la Figura 9 – izquierda) pues existe el ordenamiento contrario (el largo de las cajas "l" coincidentes con el ancho del pallet "A", y el ancho de las cajas "a" coincidente con el largo del pallet "L"), por lo cual el código que contempla dos posibles distribuciones encolumnadas en R.

- Distribución "D"

Según se ha anticipado, esta distribución es una de las elegidas por los técnicos en empaque por sostener el principio de *no* compresión de embalajes (por su característica de encolumnado), y a la vez suponer un "giro" en la orientación de las cajas (ubicado en los extremos del pallet), generando un trabado que actúa impidiendo los desplazamientos en el transporte de carga. Por lo tanto, es una distribución que se acerca al concepto de "paletización ajustada", dado que se ha destacado como *distribución explicativa de las eficiencias espaciales* y también en preferencias para la *disminución de riesgos*, posicionándose como un diseño de distribución que *otorga ciertas ventajas competitivas en el proceso logístico de paletizado*.

La lógica de la distribución "diagonal o espiralada" sigue una formación alternada en la orientación de las cajas en las esquinas del pallet, dando una imagen de simetría o espiral a la vista en la ubicación de los embalajes (Ver Figura 9 – derecha). Por lo tanto, se decidirá la orientación del primer embalaje, ubicando los siguientes en la posición contraria, y se seguirá esta lógica en el resto de los laterales del pallet. Habrá *cuatro* posibilidades de importancia, que son considerar Largo y Ancho a cada una de las dos medidas del pallet (L y A), combinadas con las dos variantes de ubicar primero el ancho o primero el largo de la caja en la distribución a realizar.

Esta distribución puede generar el efecto de "chimeneas centrales", por lo cual en el código creado se introduce una opción para "llenar" dichas chimeneas cuando sea posible, que agregarán soluciones a las cuatro básicas.

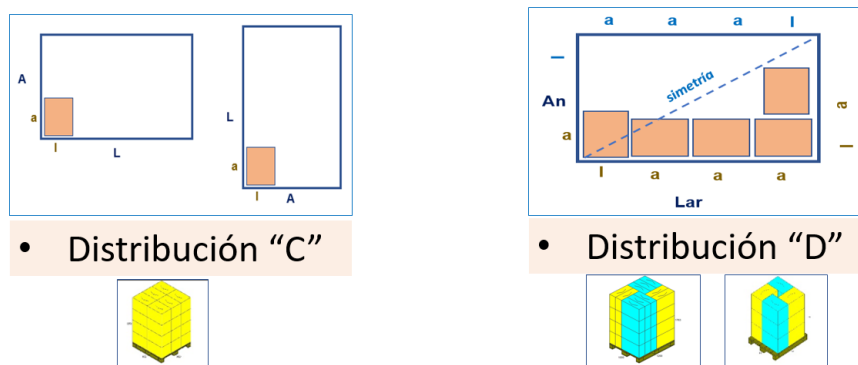


Figura 9 - Lógica scripts distribuciones "C" y "D"

- Distribución "B"

La lógica de la distribución "B", se basa en una misma disposición de los embalajes en el sentido de una de las medidas del pallet, cambiando a la disposición opuesta para completar el lateral contrario y todo el pallet (ver Figura 10 – izquierda). Los layers se construyen oponiendo las orientaciones en capas consecutivas, de manera tal que las capas pares se verán iguales entre sí y las impares se verán opuestas a las pares pero iguales entre sí.



Con respecto al área y volumen ocupados en la disposición "B", se pueden calcular en base a la primera capa, pues las restantes serán una copia de ésta, sólo cambiando la orientación como en un "cubo Rubik", es decir en rotación de 180° (o visión "espejo").

Según la lógica de programación relatada en los párrafos anteriores, sólo resultarán de importancia cuatro casos: considerar Largo y Ancho a cada una de las dos medidas del pallet (L y A), combinadas con las dos variantes de ubicar primero (esto es, en el frente) el ancho o primero el largo de la caja (l o a) en la distribución a realizar

En esta distribución existe una importante diferencia entre la concepción del programa StackBuilder y el programa TOPs. En el caso de TOPs el intercalado sigue exactamente la definición dada en el párrafo precedente, en cambio, StackBuilder considera una distribución encolumnada (no rota 180° entre layers consecutivos).

- Distribución "T"

La distribución Tribloque es la más complicada a nivel ejecución y la de menor uso profesional en embalajes del mismo tipo. En los programas vistos las salidas de la disposición "T" son las más abundantes (en TOPs), precisamente por esa libertad generada a través de la ausencia de lógica estructurada en su conformación de carga.

Se sigue el pensamiento propuesto por los contribuyentes del blog GitHub / treeDIM/ StackBuilder para la paletización de embalajes no homogéneos en varios bloques, el cual considera la división del área disponible en tres bloques con orientaciones consecutivas diferentes (ver Figura 10 – derecha). Nuevamente se encuentran cuatro soluciones básicas considerando el ancho y largo del pallet, alternativamente como frente de la paletización, combinados con el uso del ancho y largo de la caja como medida primeramente considerada frontal.

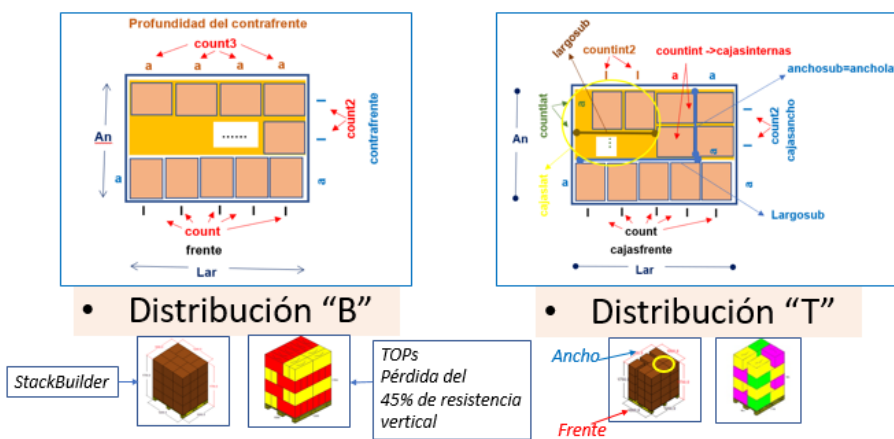


Figura 10 - Lógica de las distribuciones "B" y "T"

El código desarrollado sintéticamente se basa en la ejecución de un script global llamado "programa\_paletizado.R", el cual genera diálogos interactivos con el usuario mediante mensajes y captura de datos en los modos: opción o personalizado, para realizar el llamado a las subrutinas correspondientes (scripts específicos), ofreciendo finalmente las opciones de: finalizar o continuar dentro del programa con otros cálculos de paletización. La salida final es un informe (en este primer prototipo con formato matricial -como puede verse en la Figura 11 (derecha)-) con los detalles de los datos ingresados y las distribuciones generadas, incluyendo las descripciones de cargas y sus eficiencias respectivas.

- Tipo de distribución
- Medidas del pallet (largo, ancho, alto)
- Medidas de la caja (largo, ancho, alto)
- Altura límite de almacenamiento (estiba)
- Cantidad de capas (layers)
- Cajas por Layer
- Cajas totales en la unidad de carga
- Altura ocupada
- Eficiencia porcentual de área
- Eficiencia porcentual de volumen

	Dist	Plargo	Ancho	PaLto	Clargo	CAncho	CaLto	Estiba	Layers	cajasxlayer
1	"c"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
2	"c"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
3	"d"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
4	"d"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
1	"b"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
2	"b"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
3	"b"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
4	"b"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
1	"t"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
2	"t"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
3	"t"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
4	"t"	"1200"	"800"	"144"	"600"	"200"	"400"	"1800"	"4"	"8"
1	cajas	total	altitud	eficiencia	eficiencia	eficiencia				
1	"32"	"1744"	"100"	"96,6"						
2	"24"	"1744"	"75"	"72,5"						
1	"16"	"1744"	"50"	"48,3"						
2	"16"	"1744"	"50"	"48,3"						
3	"32"	"1744"	"100"	"96,6"						
4	"32"	"1744"	"100"	"96,6"						
1	ocupachmenea	"20"	"1744"	"61,5"	"60,4"					
2	ocupachmenea	"24"	"1744"	"75"	"72,5"					
3	ocupachmenea	"28"	"1744"	"87,5"	"84,5"					
1	"32"	"1744"	"100"	"96,6"						
2	"28"	"1744"	"87,5"	"84,5"						
3	"32"	"1744"	"100"	"96,6"						

Figura 11 – Variables de salida y vista de output

Las salidas obtenidas por el código conservan las optimizaciones de los programas estudiados y agrega soluciones en el caso de la distribución "D" por la incorporación de los embalajes "ocupachimeneas".

Como respaldo de optimización y cotejo de rendimiento del programa se realizan corridas en formato de simulación heurística basada en los códigos anteriores con incorporación del método

“best improvement” (orden lexicográfico directo, inverso y aleatorio). Se ejecutan mil iteraciones de cada orden con las siguientes características:

- La altura de la caja se ha dejado fija en 400 mm (utilizado como estándar en los programas anteriores) y la dimensión del largo de la caja se obtiene mediante la ecuación:

$$\text{largo} = \frac{\text{volumen de caja (elegida por el usuario)}}{\text{ancho (randomizado) de caja} * \text{altura de caja (fija 400)}} \quad (2)$$

cuyo resultado luego se restringe, mediante remplazos de generación aleatoria iterada (si fuera necesario), al intervalo [150,600].

- Pallet, volumen de caja y altura de estiba a elegir/ingresar por el usuario.
- Salidas limitadas a las 30 mejores eficiencias de área.

Se observa en los resultados que el orden del recorrido influyó en la participación de las distribuciones dentro del listado final (de paletizaciones óptimas): *“las distribuciones que se recorren primero conservan una menor participación en la solución óptima (esto sucede porque el remplazo de los elementos de la matriz “solucionoptima” no ofrece “mayores dificultades”, dado que se inicializa nulo, por lo cual cualquier valor de eficiencia superará al valor óptimo presente y lo reemplazará quedando como óptimo “débil” y de fácil superación por las distribuciones siguientes), siguiendo este pensamiento conservan mayor probabilidad de aparición las distribuciones siguientes a la primera recorrida”*.

La participación porcentual de las distribuciones “D” y “C” se mantuvo (en el rango de “distinguidas”), aún bajo las influencias de orden mencionadas en el párrafo anterior. Específicamente la *distribución “D”* ha sostenido su *elevado porcentaje de participación* en todas las salidas, más allá del orden en el cual ha sido recorrida, por lo cual se la podría considerar una *disposición “eficiente”*.

## 6. CONCLUSIONES

Los programas analizados, TOPs y PLMStack Builder, sirven de guía y soporte para la toma de decisiones, acortando los tiempos y mejorando la eficiencia en los pronósticos de ensamble, almacenamiento y traslado, a través de sus salidas analíticas y gráficas. La detección de sus características y componentes principales, posibilitaron la *creación de programas alternativos en entornos de desarrollo integrales de código abierto, vigentes y funcionales a otras prestaciones para el Ingeniero Industrial*.

En particular, se inició el camino hacia la elaboración de un paquete disponible en “R”, cuya ejecución demostró proveer *información de similar calidad y robustez para la toma de decisión* del ingeniero en empaque, que los programas analizados, mostrándose apto para expresar las lógicas de PLP y la generación de salidas de apoyo a la labor de la logística industrial.

El estudio de riesgos agregó un análisis de impacto en las decisiones de paletizado, estableciendo un criterio adicional (bayesiano) a incorporar para el *ajuste* de las variables de programación intervinientes en la creación de nuevos utilitarios de soporte profesional.

Siguiendo nuestro objetivo de promover la disponibilidad de herramientas informáticas integradas en un único entorno de código abierto para las diferentes problemáticas de la ingeniería industrial, los trabajos futuros a realizar en el corto plazo se basan en la extensión de las prestaciones logradas en el entorno “R”, orientadas a la mejora de los formatos de salida de las soluciones generadas y su visualización 2D y 3D.

En un mediano plazo se pretende extender la metodología utilizada (en base al estudio/análisis de utilitarios existentes) a la elaboración de otras prestaciones de apoyo a las labores de ingeniería industrial y de procesos, para hacerlas disponibles también en “R”.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Zimiga C., Vargas-Osorio S. (2016) “A Literature Review on the Pallet Loading Problem”, Lámpsakos, no. 15. p. 69 – 80.
- [2] Sitio TreeDim propietario de PLMPack StackBuilder <http://www.treedim.com/stackbuilder/es/>
- [3] Sitio licenciario de TOPS Software Corporation <http://www.lyl-ingenieria.com> (Sitio corporativo TOPS: Topseng <http://topseng.com/>)
- [4] Pepper M.P.J., Spedding T.A. (2010) “The evolution of lean Six Sigma”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 27 Issue: 2, pp.138-155, <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- [5] IRAM 6733, 6736, 10011, 10014, 10040. (2013) Instituto Argentino de Normalización y Certificación. <http://www.iram.org.ar/>
- [6] ISO 3037 (2007), 3394 y 3676. (2012) International Organization for Standardization <https://www.iso.org/>
- [7] Arsham, H. (2015). “Tool for decision analysis. Analysis of risky decisions”. Universidad de Baltimore <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640a/partIX.htm>

- [8] Blum C., Roli A. (2003) "Metaheuristic in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison". ACM Computer Surveys. Volume 35 Issue 3, September 2003 p. 268-308 <http://dx.doi.org/10.1145/937503.937505>
- [9] Lim S., Yu S., ChangSoo Han & MaingKyu Kang (2010), "Palletizing Simulator Using Optimized Pattern and Trajectory Generation Algorithm," INTECH Open Access Publisher, pp. 281-300. March 2010. <http://dx.doi.org/10.5772/8929>
- [10] Carretero, L. E., Delgado, L. M., (2000). "Estrategia Logística interna en un contexto de producción ajustada". Economía Industrial N.º 332 • 2000 / II  
<https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/332/10.L.E.CARRETERO.pdf>
- [11] CCL. (2003). Manual de Logística de paletización. "Recomendaciones GS1 para la logística". Comité costarricense de logística, edición 2, 2003.  
[http://www.gs1cr.org/wp-content/uploads/2016/04/manual\\_logistica.pdf](http://www.gs1cr.org/wp-content/uploads/2016/04/manual_logistica.pdf)
- [12] Sitio Web-HIPRE <http://hipre.aalto.fi/>
- [13] Soon-Jae Lee y Hye-Kyung Chung (2008) "Building a framework to measure and minimize information risks" The information Management Journal. May-June 2008, p. 39-44.

# Selección de la mezcla de producción en una empresa de ensamblaje de muebles de oficina considerando discrecionalidad sobre los recursos excedentes

\*Berardi, María B.<sup>(1)</sup>, Zárate, Claudia N.<sup>(2)</sup>, Esteban, Alejandra M.<sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata  
Juan B. Justo 4302. 7600 Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>1</sup> [bberardi@fi.mdp.edu.ar](mailto:bberardi@fi.mdp.edu.ar); <sup>2</sup> [cnzarate@fi.mdp.edu.ar](mailto:cnzarate@fi.mdp.edu.ar); <sup>3</sup> [aesteban@fi.mdp.edu.ar](mailto:aesteban@fi.mdp.edu.ar)

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es el de determinar la mezcla óptima de producción para una pyme de la ciudad de Mar del Plata dedicada al ensamble y comercialización de muebles de oficina. Ante un aumento importante de la demanda, se observan cuellos de botella en el sistema productivo que impiden tener un nivel de servicio del 100%. Se utiliza la programación lineal y el costeo ABC.. Se compara el beneficio obtenido basado en los recursos utilizados y suministrados en la producción. Se analiza posteriormente que, si la gerencia de producción tiene el poder discrecional de reasignar recursos no utilizados, reforzando la actividad restrictiva o cuello de botella, es posible obtener una nueva mezcla que ofrece un beneficio mayor y una menor cantidad de recursos no utilizados.

**Palabras Claves:** mezcla de producción - restricciones - recursos

## ABSTRACT

The purpose of this work is to determine the optimal production mix for an SME of the city of Mar del Plata dedicated to the assembly and marketing of office furniture. Faced with a significant increase in demand, there are bottlenecks in the production system that prevent a 100% service level. Linear programming and ABC costing are used. The benefit obtained is compared based on the resources used and supplied in the production. It is later analyzed that, if production management has the discretionary power to reallocate unused resources, reinforcing the restrictive activity or bottleneck, it is possible to obtain a new mixture that offers a greater benefit and a smaller amount of unused resources.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla para el caso de una empresa que ensambla y vende muebles para oficina. El negocio consiste en adquirir los muebles prefabricados y en las instalaciones, se ensamblan y se envían al cliente.

La empresa comercializa alrededor de 30 productos distintos aunque el 80% de la facturación es generada por 4 productos:

- X1: escritorio con mesa para teclado y habitáculo para PC
- X2: escritorio recto estándar
- X3: escritorio L estándar
- X4: escritorio recto con cajonera

En dichas instalaciones se desarrollan cuatro procesos:

- la recepción y descarga de las cajas con las distintas partes que componen los artículos;
- el almacenamiento de las mismas
- el ensamble de los muebles
- el despacho hacia el cliente.

En los últimos meses, y como resultado de varias acciones exitosas realizadas por la dirección, destinadas a aumentar las ventas, la capacidad de las instalaciones se ha visto ampliamente superada y muchos pedidos no pueden satisfacerse.

Este trabajo tiene como objetivo determinar, aplicando la teoría de las restricciones, la mezcla óptima de producción considerando la discrecionalidad de los recursos.

## 2. MARCO TEÓRICO

La teoría de las restricciones (Theory of Constraint, TOC) fue desarrollada por Eliyahu Goldratt [1], como un proceso de mejora continua. El objetivo de la TOC es maximizar el objetivo de una organización, es decir obtener el máximo beneficio, el cual es limitado por las restricciones.

Las restricciones se pueden definir como limitaciones que pueden afectar el desempeño de un sistema. Las restricciones pueden ser de carácter interno o externo.

Las internas surgen de limitaciones derivadas de los procesos necesarios para cumplir con el objetivo de la organización o de las políticas internas de la misma.

Las restricciones en los procesos son aquéllas que se presentan cuando un proceso o puesto de trabajo no posee la capacidad suficiente para suministrar la demanda requerida por el mercado de los clientes. Las restricciones por políticas surgen cuando el gerente u otros actores del proceso, tal como los sindicatos, establecen normas que limitan la capacidad de las operaciones. Tal sería el caso de la limitación en el uso de las horas extras, etc.

Por otro lado, las restricciones externas, están vinculadas a factores externos a la organización y sobre las que, en principio, la organización no puede modificar a través de sus decisiones. Tal el caso del comportamiento del mercado de clientes o de proveedores. En todo caso, las decisiones se toman para adaptar el sistema al entorno en el que se halla inmerso, pero no para modificarlo.

La TOC plantea un modelo de decisión compuesto por 5 pasos que conforman un ciclo. Cuando el mismo finaliza, debe reiniciarse. Esta característica es la que permite asociarlo a un proceso de mejora continua. Dichos pasos pueden resumirse en:

1. identificar las restricciones o Cuello de Botella (CB)
2. explotar las restricciones
3. subordinar todo a la decisión anterior
4. elevar la restricción
5. si logra elevar la restricción, volver al paso 1

El problema de la obtención de la mezcla de producción es un tipo de problema de planificación para un solo período, cuya solución arroja las cantidades de productos (o mezcla de productos) que maximiza el beneficio con los recursos disponibles, cuando el sistema no es capaz de satisfacer totalmente la demanda.

La TOC propone que para seleccionar dicha mezcla, es necesario considerar que el tiempo disponible de la restricción es limitado. Los productos usan en su proceso de producción diferentes tiempos de todos los recursos, y en particular de la restricción. Aquél que usa menos tiempo de la misma será el que deba priorizarse. Para decidir cuál de los productos debe tener prioridad al momento de decidir cuál es el que más conviene fabricar, considerando que no se puede fabricar todo lo que la demanda requiere, se necesita dividir la contribución marginal unitaria de cada producto por el tiempo que usa de la restricción.

Se han publicado numerosos trabajos cuyo objetivo es determinar dicha mezcla, utilizando para ellos diversos modelos propuestos. Varios autores (Kee[2] Ortiz Caicedo [3], entre otros) han

aplicado con excelentes resultados el modelo heurístico propuesto por la TOC aunque se trata en todos ellos de sistemas que poseen una única restricción.

Jaydeep Balakrishnan y Chung Hung Cheng ( 2000) [4], demuestran que en presencia de mas de una restricción, la aplicación del modelo heurístico conduce a soluciones subóptimas o no factibles. La aplicación de la programación lineal como herramienta de aplicación de la TOC la transforma en un instrumento poderoso, que no sólo lleva a la solución óptima sino que también orienta en forma correcta acerca de cómo elevar el sistema para maximizar el beneficio.

Además del beneficio resultante de la fabricación de la mezcla óptima, es necesario un análisis de los recursos suministrados a la producción y los recursos utilizados en la fabricación de dicha mezcla. Muchos de los recursos de la empresa se contratan antes de su uso, tales como el equipamiento de fábrica, o en virtud de la política de gestión, la retención de personal en períodos de exceso de capacidad de mano de obra. A corto plazo podría ocurrir que la empresa no controle el costo de estos recursos. Por lo tanto, los recursos utilizados en la producción pueden ser distintos a los recursos suministrados a la producción. Es en esta situación en que aparecen recursos no utilizados pero que han sido previamente solventados. El análisis de esta capacidad es crítico para comprender las oportunidades de producción.

El exceso de capacidad de producción es determinado en parte por las restricciones de la estructura del sistema productivo. Las restricciones juegan un rol fundamental en la comprensión acerca de la existencia de capacidad no utilizada. La posibilidad de asignar tales recursos a otras actividades da lugar a la constitución de un nuevo modelo para obtener la mezcla óptima considerando la discrecionalidad de los recursos [2].

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Descripción de las actividades productivas

Los productos se adquieren prefabricados, listos para armar, en cajas individuales;

- se descargan en lotes utilizando autoelevador
- se almacenan en lotes en estanterías;
- se transportan en forma individual en carros hasta el área de procesamiento donde se ensamblan
- se transportan en carros hasta la zona de despacho y se despachan con autoelevador en forma individual.

#### 3.2. Características técnico económicas de la planta

Se relevó la capacidad de producción disponible. La empresa posee 20 operarios en planta distribuidos en los distintos puestos, según se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1: Capacidad de las instalaciones

<b>Actividad</b>	<b>Nº operarios</b>	<b>[ h/mes] (*)</b>	<b>Costo/H/ ope[\$]</b>
Descarga (DC)	2	320	125
Almacenamiento(AL)	2	320	93,75
Ensamble (EN)	12	1920	93,75
Despacho (DP)	4	640	125
<b>Total</b>	<b>20</b>		

Fuente: elaboración propia. (\*) Cada operario trabaja 8 h/día, 20 días/mes)

En Tabla 2 se detallan precio de venta, costos, la Contribución Marginal Unitaria (CMU) y demanda pronosticada de los productos analizados.

Tabla 2: Precio de Venta, costos, CMU y demanda de los productos

		<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>
PV	\$/u	850	730	950	950
Costo a Nivel Unidad	\$/u	348,75	270,375	335	560
Beneficio unitario	\$/u	501,25	459,625	615	390
Demanda Pronosticada	U	800	450	1500	2000

Fuente: elaboración propia.

Asimismo se relevaron los consumos de recursos en función de los productos, que se presentan en Tabla 3

Tabla 3: Consumo unitario de los recursos

		X1	X2	X3	X4
DESCARGA (DC)	[h/u]	0,3333	0,2833	0,5	0,025
ALMACENAMIENTO(AL)	[h/u]	0,0167	0,025	0,005	0,04
ENSAMBLE (EN)	[h/u]	0,490	0,361	0,320	0,560
DESPACHO (DP)	[h/u]	0,6	0,6	0,45	0,3

### 3.3. Análisis de la capacidad de la instalación

A partir de los datos de la demanda, de las capacidades de producción de las instalaciones y del consumo de los recursos, se realiza un análisis de las cargas de trabajo. En la Tabla 4 se presentan los resultados.

Tabla 4: Consumo de recursos totales para satisfacer la demanda

	X1	X2	X3	X4	Horas necesaria s	Horas disponible s	%UTILIZACIÓN
DC [h]	26,7	18,8	105,0	50,0	200,4	320	62,6
AL [h]	13,3	11,3	7,5	80,0	112,1	320	35,0
EN [h]	392,0	162,5	480,0	1120,0	2154,5	1920	112,2
DP [h]	200,0	67,5	375,0	200,0	842,5	640	131,6

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la operación de despacho representa el cuello de botella con un porcentaje de utilización del 131,6%. Asimismo se desprende de la misma tabla que la operación de ensamble también resulta en una restricción del sistema productivo.

No obstante se observa en forma simultánea, una subutilización de los recursos de DC y AL. Es necesario destacar que dichos recursos son suministrados (solventados) y no utilizados.

## 4. OBTENCIÓN DE LA MEZCLA DE PRODUCCIÓN

Se utiliza la Programación Lineal como método de obtención de la mezcla óptima.

Se detalla el planteo del sistema de ecuaciones que requiere el modelo:

$$Z(ABC) : \text{Función Objetivo} = \text{Max}(\sum z_i X_i - \sum dc_i DC_i - \sum al_i AL_i)$$

Donde:

$X_i$  = unidades de producto  $i$ ,  $X \geq 0$ ,  $i = 1, \dots, 4$

$z_i$  = beneficio unitario del producto  $X_i$

$dc_i$  = Costo de lote de descarga para  $X_i$

$DC_i$  = N° de lotes de descarga para  $X_i$

$al_i$  = Costo de lote de almacenamiento para  $X_i$

$AL_i$  = N° de lotes de despacho para  $X_i$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum dc_i DC_i \leq 320, i=1\dots 4$$

$$\sum al_i AL_i \leq 320, i=1\dots 4$$

$$\sum en_i X_i \leq 1920, i=1\dots 4$$

$$\sum dp_i X_i \leq 640, i=1\dots 4$$

$$X_i \geq 0 \text{ y entero}$$

$$X_1 \leq 800$$

$$X_2 \leq 450$$

$$X_3 \leq 1500$$

$$X_4 \leq 2000$$

Donde:

$dc_i$  = consumo unitario del recurso DC del producto  $i$ ,  $i=1\dots 4$

$al_i$  = consumo unitario del recurso AL del producto  $i$ ,  $i=1\dots 4$

$en_i$  = consumo unitario del recurso EN del producto  $i$ ,  $i=1\dots 4$

$dp_i$  = consumo unitario del recurso DP del producto  $i$ ,  $i=1\dots 4$

La figura 1 presenta el sistema de ecuaciones y restricciones ingresadas para modelar el

problema. A esta situación se la ha denominado en este trabajo como Situación 1.

Variable ->	X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4	Direction	R. H. S.
Maximize	501.5	459.625	615	390	-62.5	-31.5	-43.75	-31.25	-23.4375	-14.0625	-9.375	-37.5		
DCX1	1				-15								<=	0
DCX2		1				-6							<=	0
DCX3			1				-5						<=	0
DCX4				1				-10					<=	0
H DC					0.5	0.25	0.35	0.25					<=	320
ALX1	1								-15				<=	0
ALX2		1								-6			<=	0
ALX3			1								-20		<=	0
ALX4				1								-10	<=	0
H AL									0.25	0.15	0.1	0.4	<=	320
H EN	0.49	0.361	0.32	0.56									<=	1920
H DP	0.25	0.15	0.25	0.1									<=	640
VX1	1												<=	800
VX2		1											<=	450
VX3			1										<=	1500
VX4				1									<=	2000
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer		

Figura 1: sistema de ecuaciones y restricciones del modelo de Programación Lineal (Situación 1)

En la Figura 2 se presenta la salida del sistema

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	0	501,5000	0	-110,0104	at bound
2	X2	450,0000	459,6250	206.831,3000	0	basic
3	X3	1.490,0000	615,0000	916.350,0000	0	basic
4	X4	2.000,0000	390,0000	780.000,0000	0	basic
5	DC1	0	-62,5000	0	0	basic
6	DC2	75,0000	-31,5000	-2.362,5000	0	basic
7	DC3	298,0000	-43,7500	-13.037,5000	0	basic
8	DC4	200,0000	-31,2500	-6.250,0000	0	basic
9	AL1	0	-23,4375	0	0	basic
10	AL2	75,0000	-14,0625	-1.054,6880	0	basic
11	AL3	74,5000	-9,3750	-698,4375	0	basic
12	AL4	200,0000	-37,5000	-7.500,0000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	1.872.278,0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	DCX1	0	<=	0	0	4,1667
2	DCX2	0	<=	0	0	5,2500
3	DCX3	0	<=	0	0	8,7500
4	DCX4	0	<=	0	0	3,1250
5	H DC	173,0500	<=	320,0000	146,9500	0
6	ALX1	0	<=	0	0	1,5625
7	ALX2	0	<=	0	0	2,3438
8	ALX3	0	<=	0	0	0,4688
9	ALX4	0	<=	0	0	3,7500
10	H AL	98,7000	<=	320,0000	221,3000	0
11	H EN	1.759,2500	<=	1.920,0000	160,7500	0
12	H DP	640,0000	<=	640,0000	0	2.423,1250
13	VX1	0	<=	800,0000	800,0000	0
14	VX2	450,0000	<=	450,0000	0	88,5625
15	VX3	1.490,0000	<=	1.500,0000	10,0000	0
16	VX4	2.000,0000	<=	2.000,0000	0	140,8125

Figura 2:

sistema de ecuaciones y restricciones (Situación 1)

solución al

De la Figura 2, se observa que el cuadro de salida está dividido en 2. Por un lado las variables solución y por el otro las restricciones.

De las "variables solución", que son las que dan la mezcla de productos que maximizan el beneficio de la función objetivo, se observa que:

- la mezcla óptima está formada por 450 unidades de X2, 1490 de X3 y 2000 unidades de X4.
- No se fabricar X1



- El beneficio generado por fabricar y vender esta mezcla es de \$1.872.278.

De las restricciones, se observa que por fabricar esta mezcla:

- Resultan capacidad en exceso 147 h de descarga, 221,25 h de almacenamiento y 160,75 h de ensamble que
- El recurso DP es el que se agota ( recurso escaso)

Por lo tanto para elevar o explotar el sistema es necesario considerar al recurso DP.

## 5. EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA

A partir de los resultados obtenidos, se puede considerar un nuevo factor que son las características de la MO. El personal que está vinculado directamente a las actividades de Descarga y Despacho tiene idénticas aptitudes y suponen el mismo costo para la empresa (ver Tabla 1). Esto implica que la gestión podría suponer cierta discrecionalidad respecto de la asignación de estos recursos a dichas actividades.

La discrecionalidad sobre estos recursos y considerando los resultados presentados en figura 2, permiten plantear un nuevo escenario, reasignado las cargas de trabajo. Si bien se sigue contando con 4 operarios (sumados los de DC y DP), se redistribuyen de la siguiente forma: 1 operario se asigna a la actividad DC mientras que a DP se asignan 3.

La figura 3 presenta el nuevo sistema de ecuaciones y restricciones ingresadas para la nueva situación, en la que se han asignado sólo 1 operario (160 h) a la actividad DC y 3 operarios (800 h) a la actividad DP. A esta situación se la ha denominado en este trabajo como Situación 2

Variable ->	X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4	Direction	R. H. S.
Maximize	501.5	459.625	615	390	-62.5	-31.5	-43.75	-31.25	-23.4375	-14.0625	-9.375	-37.5		
DCX1	1				-15								<=	0
DCX2		1				-6							<=	0
DCX3			1				-5						<=	0
DCX4				1				-10					<=	0
H DC					0.5	0.25	0.35	0.25					<=	160
ALX1	1								-15				<=	0
ALX2		1								-6			<=	0
ALX3			1								-20		<=	0
ALX4				1								-10	<=	0
H AL									0.25	0.15	0.1	0.4	<=	320
H EN	0.49	0.361	0.32	0.56									<=	1920
H DP	0.25	0.15	0.25	0.1									<=	800
VX1	1												<=	800
VX2		1											<=	450
VX3			1										<=	1500
VX4				1									<=	2000
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer		

Figura 3: Sistema de ecuaciones y restricciones con reasignación de recursos discretos (Situación 2)

La solución óptima del problema se presenta en la figura 4:

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	800,0000	501,5000	401.200,0000	0	basic
2	X2	450,0000	459,6250	206.831,3000	0	basic
3	X3	962,4332	615,0000	591.896,4000	0	basic
4	X4	1.888,5200	390,0000	736.522,9000	0	basic
5	DC1	53,3333	-62,5000	-3.333,3330	0	basic
6	DC2	75,0000	-31,5000	-2.362,5000	0	basic
7	DC3	192,4866	-43,7500	-8.421,2910	0	basic
8	DC4	188,8520	-31,2500	-5.901,6260	0	basic
9	AL1	53,3333	-23,4375	-1.250,0000	0	basic
10	AL2	75,0000	-14,0625	-1.054,6880	0	basic
11	AL3	48,1217	-9,3750	-451,1406	0	basic
12	AL4	188,8520	-37,5000	-7.081,9510	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	1.906.594,0000		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	DCX1	0,0000	<=	0	0	235,6170
2	DCX2	0	<=	0	0	294,5629
3	DCX3	0,0000	<=	0	0	494,7957
4	DCX4	0,0001	<=	0	0	176,7127
5	H DC	160,0000	<=	160,0000	0	6.943,5100
6	ALX1	0,0000	<=	0	0	1,5625
7	ALX2	0	<=	0	0	2,3438
8	ALX3	0,0000	<=	0	0	0,4688
9	ALX4	0,0001	<=	0	0	3,7500
10	H AL	104,9363	<=	320,0000	215,0637	0
11	H EN	1.920,0000	<=	1.920,0000	0	374,1737
12	H DP	696,9603	<=	800,0000	103,0397	0
13	VX1	800,0000	<=	800,0000	0	80,9754
14	VX2	450,0000	<=	450,0000	0	27,6416
15	VX3	962,4332	<=	1.500,0000	537,5668	0
16	VX4	1.888,5200	<=	2.000,0000	111,4797	0

Figura 4: solución óptima con los recursos reasignados (Situación 2)

La solución óptima de la PL, como resultado de la reasignación de los recursos permite observar que:

- El nuevo recursos escaso es el DC
- La mezcla óptima está formada por 800 unidades de X1, 450 unidades de X2, 962 unidades de X3 y 1888 unidades de X4.
- Si bien no se fabrica todo lo que se demanda, se fabrican todos los productos . Es decir, no se presenta la situación de que uno de los productos quede sin fabricarse. (NS(Xi) ≠ 0)
- El beneficio generado por fabricar y vender esta mezcla es de \$1.906.594., esto es aproximadamente un 2% mayor que la situación anterior.

La tabla 1 presenta, a título de comparación, los recursos no utilizados en ambas situaciones

Tabla 5: recursos NO utilizados

	Situación 1	Situación 2
DC	147	0
AL	221	215
EN	161	0
DP	0	103

Fuente: *Elaboración propia*

- Se observa una disminución de 147 h en recursos de DC no utilizados en la situación 2, en detrimento de un aumento de 103 h de recursos no utilizados en DP. Si se considera que el costo de los recursos de DC y DP es similar, es posible concluir que en la Situación 2 se incurre en menores costos por recursos no utilizados.
- Tanto en la actividad de AL como en la actividad EN los recursos no utilizados disminuyen en la nueva situación

- Los recursos escasos son DESCARGA Y ENSAMBLE.
- El precio sombra de los recursos escasos es un indicador del recurso que más beneficio generará por el aumento de una unidad adicional de recurso. El precio sombra el recurso DESCARGA es de \$6943.5, mientras que el del recurso ENSAMBLE es de \$374.17. Esta sería una nueva alternativa de decisión para recomenzar el ciclo.

## 6. CONCLUSIONES

- El análisis de los resultados de la Programación Lineal, permite pensar en alternativas para mejorar la solución, mediante la reasignación de los recursos.
- La propuesta realizada a partir del análisis del resultado de la programación lineal identificada como Situación 1, permite arribar a otra mezcla (Situación 2) que implica un aumento del 2% en la rentabilidad, respecto de la Situación 1;
- La solución de la PL indica que se obtiene un beneficio de \$1.906.594, fabricándose 800 unidades de X1, 450 unidades de X2, 962 unidades de X3 y 1888 unidades de X4;
- Otro resultado interesante de la nueva situación es que se fabrican todos los productos;
- Con la nueva propuesta, la capacidad no utilizada se reduce a 215 h de almacenamiento y 103 h de despacho. Se utilizan todas las horas de descarga y ensamble;
- La programación lineal es una poderosa herramienta que permite arribar a la mezcla óptima y factible del problema permitiendo una toma de decisiones debidamente sustentada;
- Finalmente, se evidencia la existencia de silos funcionales dentro de la organización que generaron un desequilibrio importante entre la capacidad suministrada y la demandada generada.

## 7. REFERENCIAS

[1] Goldratt, E.M. (1990): Theory of Constraints. North River Press. Croton-on-Hudson. New York, USA.

[2] Kee, R. (1995): Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production related decision making. Accounting Horizons, Vol. 9, pp. 48-61.

[3] Ortiz, V; Caicedo A. (2012). Mezcla óptima de producción desde el enfoque gerencial de la contabilidad del throughput: el caso de una pequeña empresa de calzado. Cuadernos de Contabilidad, Tomo 15, N° 37.

[4] Balakrishnan, J; Cheng, C.H. (2000). Theory of constraints and linear programming: a reexamination. International Journal of Production Research, 38, 6, 1459-1463.

# PROPUESTA DE LAYOUT Y PLANIFICACIÓN DE UNA EMPRESA COMERCIAL MAYORISTA

Pasquier, Andrés <sup>(1)</sup>; Morbidelli, Ariel Antonio <sup>(2)</sup>; Barón, Rodolfo Iván <sup>(3)</sup>.

*Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael.  
Urquiza 314 San Rafael Mendoza (5600). andrespasquier@hotmail.com*

## RESUMEN

El presente trabajo engloba el diseño, análisis del layout interno (disposición de productos y mercaderías) y elaboración de una propuesta de planificación para una empresa comercial mayorista. En el ámbito ha crecido esta modalidad de empresas donde la característica principal es la comercialización de mercaderías al consumidor final en grandes volúmenes y el autoservicio. A su vez poseen características y actividades propias de un centro de distribución.

El trabajo está estructurado en las siguientes partes:

- 1) Identificación y recopilación de toda información sobre la empresa, sus productos, ventas, rotación, etc.
- 2) Elaboración de una metodología para la organización del almacén agregando a la teoría tradicional de almacenes el componente y la actividad propia de un salón de ventas.
- 3) Aplicación de propuesta a la empresa objeto.

Se acotará el modelo de estudio al análisis general de productos, de capacidad, problemas de dimensiones y paletización, sistemas de gestión y control de inventarios entre otros. La metodología propuesta sirve para elaborar un modelo de layout, además de brindar información valiosa que permite comprender como un todo, la cadena de aprovisionamiento-almacenaje y venta de productos.

**Palabras Claves:** layout, posiciones, almacén, mayorista.

## ABSTRACT

This paper presents the analysis of the internal layout (disposition of products and goods) of a wholesale store. At this time has grown this kind of shops where the main trait is the marketing of goods to the ultimate consumer in large quantities and self-service. They also have characteristics and activities that concern to a distribution center.

The work is structured in the following parts:

- 1) Identification and data collection about the company, its products, sales, rotation, etc.
- 2) Elaboration of a methodology for the organization and management of the warehouse, adding to the traditional theory of warehouses design the component and the own activity of a store market.
- 3) Implementation of this methodology to the company's case.

The study model will be delimited to an extensive analysis of products, capacity, problems of dimensions and palletization, management systems and inventory control, among others. The proposed methodology provides guidelines to elaborate a layout, in addition to conferring valuable information that allows understanding supply chain as a whole together with the storage and sale of products.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Descripción del objeto de estudio

En el presente trabajo, al hablar de “empresa comercial mayorista” nos referimos a aquella que posee las siguientes características (un claro ejemplo en nuestro país los establecimientos *Diarco*):

- Modalidad de venta mixta:
  - 1) (por pedidos) como centro de distribución a los comercios que son clientes
  - 2) (por autoservicio) el consumidor particular toma los productos.
- Almacenaje y picking: los productos se reservan en estanterías tipo rack selectivos, donde el nivel inferior se destina a picking y los superiores a almacenar productos. Esto debido a que el volumen de mercaderías y el packaging es mayor.

La propuesta de layout planteada busca satisfacer tres interrogantes:

- 1) ¿dónde ubicar los artículos?
- 2) ¿cuántos frentes asignar a cada uno?
- 3) ¿qué espacio de almacenamiento destinarle?

Se ve afectada además por el tipo de actividad, donde el almacenaje y el picking se realizan en un mismo lugar, interviniendo actores externos a la empresa como son los consumidores finales.

Para lo cual se presenta la combinación de la metodología usual utilizada en el armado y gestión de almacenes con la teoría de psicología del consumidor que se emplea en el layout de los autoservicios. Nos encontramos entonces con algunas variables: eficiencia en la reposición, presentación de productos, recorrido del cliente, máxima capacidad de almacenaje y control de inventarios.

Un diseño óptimo deberá dar como resultado: máxima exposición de productos, disminución de trayectos recorridos, aprovechamiento de capacidad, reducción de reposiciones, picking organizado, entre otros, como se definen en el capítulo 7 de “Almacenes” [1].

Al analizar los productos se busca que no se originen faltantes, que su exposición sea adecuada para que el cliente lo consuma, que el picking y la reposición por parte de los empleados sea eficiente.

En la gestión del almacén se procurará optimizar la asignación de posiciones o frentes para cada producto, optimizar la reposición, gestionar y controlar los productos para localizar ubicaciones, controlar vencimientos y faltantes.

## 2. METODOLOGÍA

El método utilizado consta de 4 pasos.

- 1) definición de los factores con los que se va a trabajar
- 2) análisis de los factores más relevantes en el salón de ventas.
- 3) localización de productos y asignación de lugares.
- 4) definición del número de espacios para almacenar y reposición de productos.

### 2.1. Definición de factores analizados

- Capacidad del almacén: entendida como la cantidad de huecos o slots disponibles para almacenar mercadería [1].
- Características de artículos: se analiza la división por grupos o rubros, vencimiento de mercadería, peligro de rotura, compatibilidad o no con otros grupos de productos, unidad de venta [1].
- Paletización o slotting: se entiende como la asignación de cierta cantidad de mercadería a una unidad de medida fácilmente registrable para controlar la capacidad (ej: 20 cajas/pallet) [2].
- Demanda mensual promedio: tomamos el dato histórico de la demanda, convertida a la unidad de medida antes asignada. (ej: demanda mensual del artículo “A” es 2 pallet/mes).
- Espacios o frentes asignados por rubro/marca/artículo: para la venta al público y el picking se asignan espacios de venta, partiendo desde lo general (el rubro) a lo particular (el artículo) [2].
- Localización: se investigan métodos para localizar con facilidad los productos buscados, en función de la planificación y de la tecnología disponible.

Los factores anteriormente planteados permiten proceder con un método estándar de armado de layout o planificación interna para la distribución de productos.

## 2.2. El análisis de capacidad

Definición de unidad de medida [1]: se procede con la estandarización del medio de almacenaje existente. En el caso del rack selectivo, se toma como unidad de medida 1 posición = 1 pallet.

El cálculo total corresponde a la ecuación (1), cuyas variables son: [m] módulos existentes en la empresa, [n] niveles de altura, se multiplica por 2 ya que cada módulo puede contener 2 pallets.

$$C1 = m * n * 2 \quad (1)$$

En caso de mercadería no paletizada, se procede al mismo cálculo, pero tomando una medida estándar a partir de la unidad de contención utilizada (estanterías es lo más común). Variables: [m] módulos existentes en la empresa, [n] niveles de altura. Válido para almacén de largos, a granel, cámaras frigoríficas y otros:

$$C2 = m * n \quad (2)$$

Con el valor calculado podemos obtener la cantidad de pallets que se pueden almacenar, el % de capacidad ociosa, la opción de compra real de la empresa en función de la capacidad de almacenamiento (permite evaluar las ofertas de proveedores).

## 2.3. Análisis artículos

### 2.3.1 Caracterización y división por rubros

El objetivo de este punto es el de generar grupos coherentes de artículos con características definidas que faciliten su manipulación y su gestión en el almacén.

La subdivisión en rubros genera espacios o zonas obligatorias que permiten definir el layout por partes. La caracterización admite atender grupos de productos cuya manipulación y gestión requiere mayor atención y cuidado.

Como se cuenta con un alto grado de paletización (cercano al 80% del total de artículos), las características de tamaño, peso, apilamiento, no tienen mayor impacto ya que los productos se reciben empaquetados de los mismos proveedores y la manipulación en el almacén es mínima.

### 2.3.2 Caracterización tipo A,B,C.

Con los datos de ventas se valora por rubros y/o marcas aquellos productos que tienen mayor relevancia económica dentro de la empresa, Sobre estos centraremos nuestra atención a la hora de definir prioridades en el control de inventario y posicionamiento (artículos A,B). Valor calculado mediante la ecuación (3):

$$P * Q = V \quad (3)$$

La sumatoria de "V" permite obtener los porcentajes del total. Se recomienda analizar primero por rubros, luego por marcas y finalmente por artículos, aplicando Pareto al grupo en general y luego en forma particular para obtener información general, como indica el esquema de la Figura 1. La cantidad Q corresponde a una medida de ventas promedio mensual. [2].

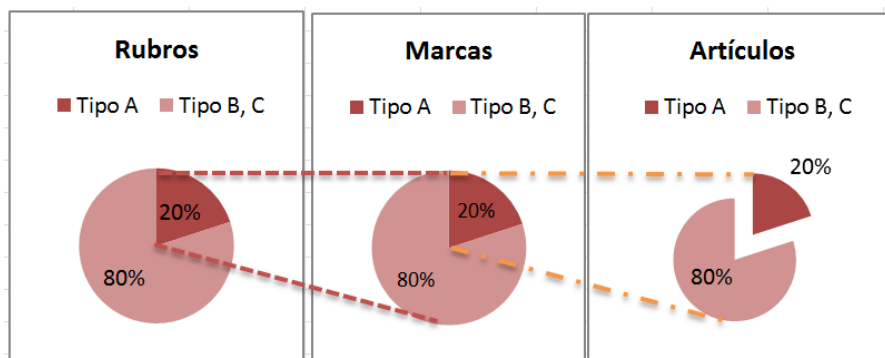


Figura 1 Esquema de análisis progresivo utilizando Pareto sobre el nivel de ventas. Elaboración propia

### 2.3.4 Análisis por rotación

Para concordar los datos obtenidos en (A) con el análisis de capacidad, la cantidad Q de producto se la transforma a la unidad de contención seleccionada. De modo que se obtiene la equivalencia para prever el almacenamiento necesario por Rubro/Marca/Artículo.

El valor se expresa en [unidad de medida/tiempo]. Se escoge como unidad de tiempo un mes de operación, y la unidad de medida el pallet. Este valor nos da una idea de la cantidad movilizada y el espacio que se renueva por mes dentro del almacén. Permite proyectar compras acorde a la capacidad y al tiempo que la mercancía permanece almacenada.

### 2.3.5 Análisis de actividad

Para complementar el análisis de los rubros que más incidencia tienen tanto en ventas como en rotación, se agrea la Actividad (4) como criterio de análisis [1]:

$$Q[\text{cantidad}] * P[\text{precio}] * S[\text{solicitudes}] = A[\text{actividad}] \quad (4)$$

Para el análisis de Solicitudes (S), se tomaron los pedidos de artículo y la facturación en las 5 cajas, en un período de 3 meses. Se visualiza como se distribuye la actividad de Pedidos a clientes con las Compras en el salón, lo que permite la planificación en el fortalecimiento de una u otra actividad a mediano plazo.

La combinación de los distintos análisis efectuados permite visualizar la operatividad global de la empresa, desde el área de ventas, compras, operarios, atención de pedidos y almacén.

### 2.4 Condiciones del layout óptimo y Localización

Para definir el layout, además de la disposición de las estanterías o medios de almacenaje, debemos definir donde se colocarán los artículos según los análisis previos. Atendiendo a las necesidades de un Comercial Mayorista donde el cliente realiza su propio picking, hay que procurar la compatibilidad de tres actividades diversas: venta directa, carga y reposición, picking de empleados y los movimientos que tales actividades generan como se observa en la Figura 2.

\*Que el cliente recorra la máxima distancia para lograr visualizar la mayor cantidad de artículos, a fin de inducir la compra (estrategia de marketing y posicionamiento)

\*Concentrar la actividad de los equipos de reposición (auto elevadores) en zonas claves de mayor actividad a fin de evitar el contacto con los clientes y prevenir accidentes y afectar la imagen de la empresa

\*Organizar el picking para disminuir recorridos y aumentar la eficiencia.

Siguiendo el criterio comercial de autoservicios, los productos de primera necesidad, tipo A y de mayor actividad, se colocan al final del edificio, ya que son lugares de paso obligatorio en el 90% de las ventas. Para esto se definen las llamadas Zona Caliente (de compra impulsiva, más influenciable) y Zona Fría (compras de forma estable y predeterminada) indicadas en la Figura 3.

En cuanto a criterios operativos, los productos de mayor rotación y actividad deberán estar cerca de la entrada y salida de equipos, preferentemente en posiciones opuestas al ingreso de clientes y cercanas a la zona de armado de pedidos [3].



Figura 2 Diagrama simplificado del movimiento interno del almacén. Elaboración propia.

En la Figura 2 se distinguen el flujo de clientes (color verde) y el flujo de personal y equipos (color rojo), ambos en sentido contrario.

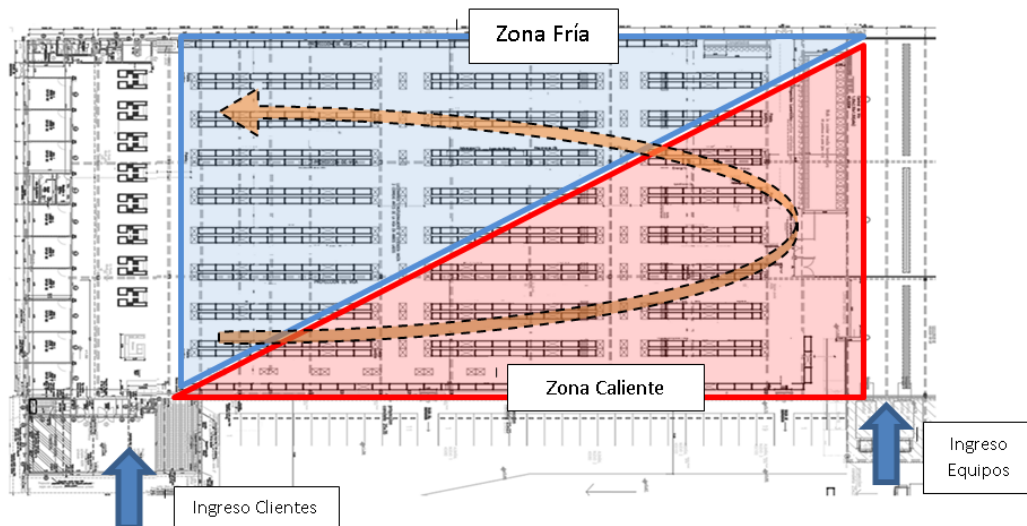


Figura 3 Diferenciación de las zonas Fría y Caliente en el plano de la empresa a estudiar. Elaboración propia.

Se adoptan las siguientes medidas:

- Productos de mayor rotación (voluminosos) cercanos al ingreso de auto elevadores (ej. Alimento para mascotas, papel de cocina, baldes)
- Productos tipo A que corresponden a productos de primera necesidad se ubican en la zona fría del salón. (lácteos, fideos, arroz, jabón para la ropa)
- Productos tipo A que tienen mayor actividad y rotación se ubican cercanos a la entrada de equipos. (bebidas, aderezos, insumos de limpieza)
- Productos tipo B y C se colocan en la zona caliente del salón, de forma intercalada para cubrir mayores espacios de circulación (según criterios propios de la empresa o de marketing)

## 2.5 posicionamiento de productos

- a) Se delimita en la zona de almacenaje las agrupaciones de productos del punto (2.3)
- b) Se asignan rubros a cada grupo de estanterías
  - a. Por % del total de pallets que rotan por mes
  - b. Por secciones de igual capacidad
- c) La localización de los rubros responde a los criterios mencionados en el punto anterior (2.4)
- d) Tomando como referencia el ingreso al salón, las Marcas se ordenan de forma que las de mayor rotación, clasificación o actividad estén más alejadas, y así en orden decreciente.
- e) Dentro del espacio para cada Marca, se asignan de la misma manera las posiciones para los Artículos

## 2.6 Asignación de huecos o frentes de venta por rubro

Los espacios o frentes son limitados, por lo que deberán colocarse los productos de modo que sean visibles al consumidor, de fácil acceso al operario que toma el pedido y finalmente, de acuerdo a su rotación, que los momentos de reposición puedan combinarse. Por ejemplo, si un artículo tiene una rotación de 5 pallets/mes, un hueco asignado deberá ser repuesto cada 6 días. Si al artículo mencionado se le asignan por ejemplo 3 frentes, se esperaría que la reposición se realice en el mismo plazo, pero como el consumidor no siempre saca el producto del mismo lugar, este plazo se extiende. Esto permite retrasar la reposición de artículos cuya rotación es alta disminuyendo el uso de equipos en el almacén. Se detallan los pasos a seguir:

1. Se dividen las marcas y artículos según rotación y clasificación A,B, C (puede utilizarse una nueva codificación numerada por ejemplo, del 1 al 10)
2. Se asigna un máximo y un mínimo de espacios según convenga por el diseño de las estanterías [3].
3. Si un producto precisa de mayor visibilidad por motivos de marketing, se le asignarán más frentes si están disponibles.
4. Si una marca o producto tiene una rotación superior al máximo designado, se colocará el máximo. (esto significa que las reposiciones se harán con mayor frecuencia a lo planeado)



## 2.7 Asignación de huecos para almacenaje teniendo en cuenta la reposición.

Al inicio designamos como lugar de almacenaje los niveles superiores de la estantería. Estos serán los designados para la reserva de productos hasta la próxima compra al proveedor. Por lo tanto, la cantidad de huecos de almacenaje adoptados para cada artículo o marca, responderá a la frecuencia de pedidos al proveedor (en el caso analizado esta frecuencia base era de un mes).

El método óptimo sería designar como espacio de almacenamiento los niveles inmediatamente superiores a la posición dada a cada artículo como vimos en el punto anterior.

Casos que se presentan:

- Artículos cuya rotación supera los huecos asignados
- Artículos cuya rotación es igual a un pallet por mes (no precisan de huecos de almacenamiento)
- Artículos cuya compra precisa de más lugares de almacenaje (por ofertas, promociones, metas de ventas)
- Artículos cuya salida es menor (rotan menos de un pallet por mes) o no están paletizados.

Luego del diseño pueden encontrarse secciones Sub-ocupadas o Insuficientes. Para sectores sub-ocupados se plantean las siguientes medidas:

- Recalculo de espacio necesario en función de la demanda proyectada
- Asignación de espacios de seguridad para nuevos productos
- Utilizar el espacio para almacenaje de productos adyacentes de mayor rotación

Para los sectores con capacidad insuficiente se plantea:

- Asignar espacios de sectores sub-ocupados adyacentes o cercanos
- Modificar la política de compras para prever abastecimientos con mayor frecuencia

En cuanto a la reposición, esta puede darse de manera planificada atendiendo a la rotación de los productos y el espacio asignado a cada uno de ellos. Se define el intervalo de reposición en días:

$$\frac{n(\text{pallet})}{30(\text{días})} * (\text{mes}) = \left[ \frac{n(\text{pallet})}{30(\text{días})} \right]^{-1} = \frac{n(\text{días})}{(\text{pallet})} \quad (4)$$

Fórmula válida para productos paletizados. Con un cronograma de trabajo se delimitan las zonas y los tiempos a trabajar con el auto elevador para las tareas de reposición, disminuyendo la circulación de equipos en momentos de atención al público.

La reposición se realiza, atendiendo al modelo planteado, bajando los pallets de niveles superiores al nivel inferior.

## 3. APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL METODO

Para la empresa seleccionada como caso de estudio, los distintos análisis arrojaron resultados que inciden directamente en la toma de decisiones.

### 3.1 Análisis de capacidad

Tabla 1 Cuadro de la capacidad de la empresa

Palet a piso	Almacenamiento	Total
1164	3044	4208

Del total de pallets que entran en el almacén, el 70% se almacena y el 30% se expone para picking.

### 3.2 Análisis de artículos

Se definen 2 grandes grupos: COMESTIBLES y NO COMESTIBLES. El sector de COMESTIBLES se subdividió en rubros (Figura 4).



Figura 4 Clasificación de artículos en la categoría COMESTIBLES. Elaboración propia.

Los elementos marcados en naranja implican condiciones especiales de manejo por riesgo de rotura (envases de vidrio)

El grupo de NO COMESTIBLES (Figura 5) también se subdividió en subgrupos.

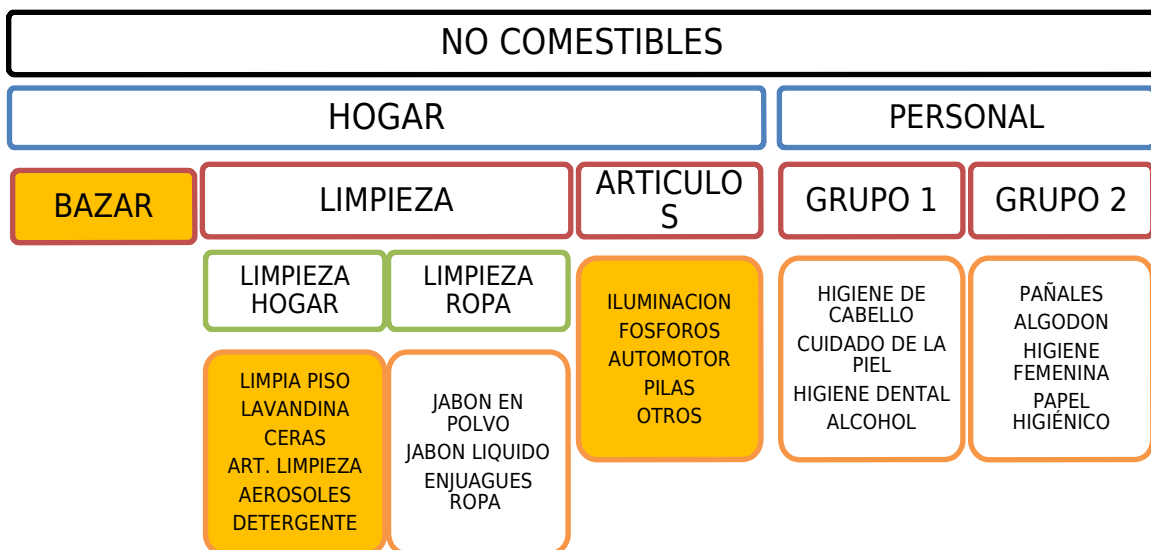


Figura 5 Clasificación de artículos en la categoría NO COMESTIBLES. Elaboración propia.

Donde los grupos marcados en naranja implican riesgo de rotura por envases o también condiciones especiales del producto (químicos, riesgo por derrame o contaminación por rotura)

### 3.3. El análisis tipo ABC

Se efectuó sobre los grandes grupos, y se generaron cuatro categorías en orden descendente por su participación en ventas, cuyos resultados se observan en la Figura 6:

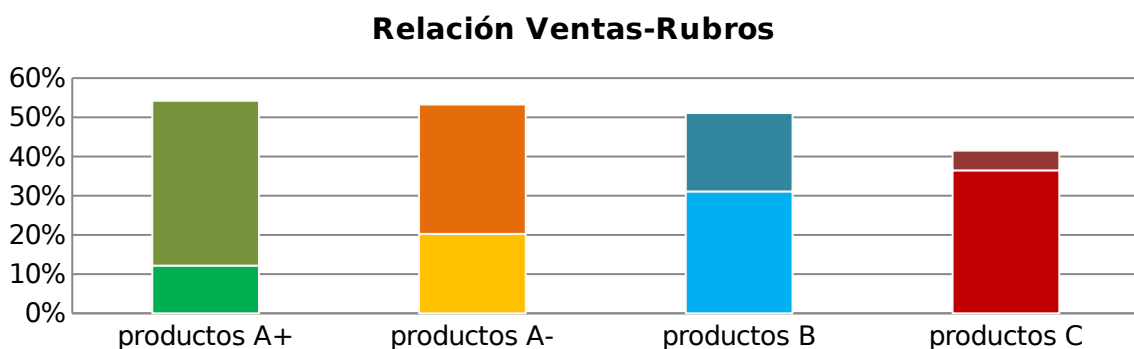


Figura 6 Relación entre ventas y rubros. Elaboración propia.

El gráfico muestra la relación en cada categoría entre el % de ventas sobre el total (1er fila) y el % que representa en la cantidad de rubros que lo integran (2da fila). El 30% de los rubros agrupan el 75% del total de ventas (cumple con la ley de Pareto).

### 3.4 El análisis por rotación

Pretende agrupar los rubros que mayor volumen de mercaderías mueven por mes, dato no apreciable en el análisis ABC. Se tomó un trimestre como muestra y se calcularon los pallets promedios mensuales vendidos por artículo (aprox. 8300 referencias). Los siguientes datos fueron relevantes:

- Solo el 6% de los artículos (500 referencias) rotan más de un pallet completo al mes.
- El 77% corresponde a artículos que rotan más de un pallet mensual.
- El restante 19% de artículos no está paletizado.

Para dimensionar las consecuencias del análisis se tomaron 3 situaciones expuestas en la Figura 7 y así evaluar la sensibilidad del análisis:

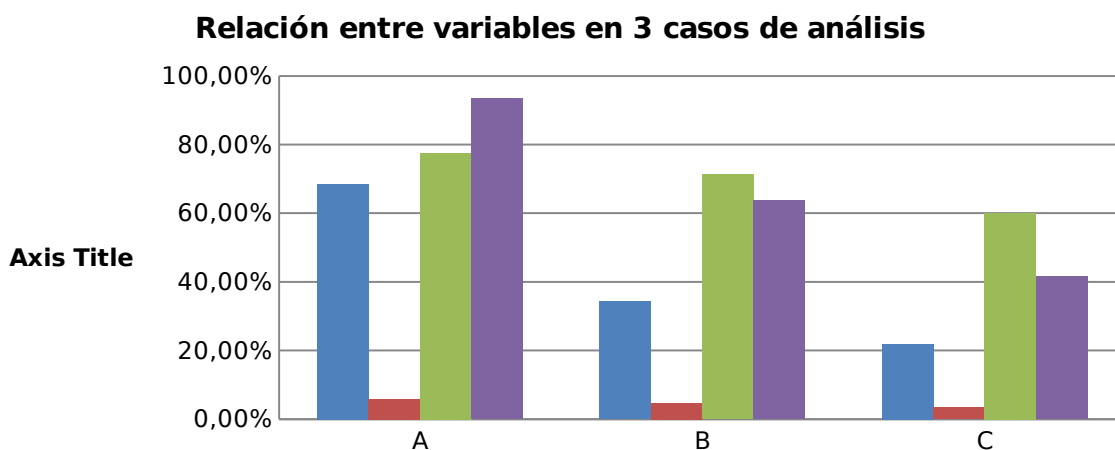


Figura 7 Comparación de % de variables afectadas en 3 casos. Elaboración propia.

- **Situación A:** el 93% (acum.) de las ventas (4ta fila) corresponde al 77% de los pallets del almacén y al 6% de artículos repartidos en el 70% de los rubros.
- **Situación B:** el 63% (acum.) de las ventas corresponde al 71% de los pallets del almacén, al 4,7% de artículos repartidos en el 35% de los rubros.
- **Situación C:** el 40% de las ventas corresponde al 60% de pallets del almacén, al 3,4% de artículos en el 21,9% de los rubros.

Cuando se relacionan los resultados obtenidos aquí con el punto [3.3 Análisis tipo ABC], se observa que artículos clasificados como “C” pueden tener exigencias de espacio superiores a artículos tipo “A”. Esto también define políticas de compra donde la adquisición de productos en mayor cantidad traería consecuencias de espacio y de operación.

En este análisis podemos ver que productos voluminosos y con poca participación en ventas tienen una alta rotación, debido a que agotan el espacio designado con mayor rapidez.

### 3.5 El análisis de actividad

Se realiza sobre los rubros que integran el grupo A+ del análisis ABC

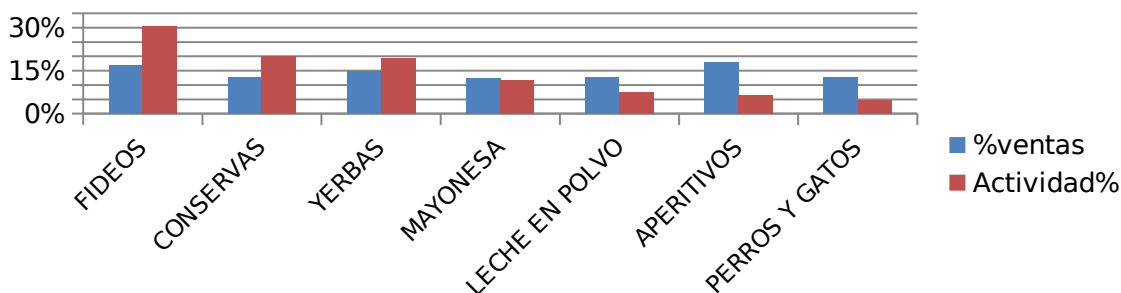


Figura 8 Comparación entre ventas y actividad de rubros tipo A, como % del total analizado. Elaboración propia.

La Figura 8 muestra que la actividad se distribuye de manera uniforme, y no hay una correlación directa entre un alto % de ventas y las solicitudes de los artículos. A su vez un análisis detallado expone que la mayor actividad dentro de cada rubro se concentra en el 5% de los artículos que contienen.

Este análisis por solicitud, al igual que el análisis por rotación, puede arrojar resultados interesantes al mostrar que artículos tipo C (tal vez por su precio) conllevan un alto número de pedidos, y por lo tanto, mayor nivel de movimientos. También permite dentro de cada Marca, definir los artículos a los cuales darle mayor visibilidad en los puntos de venta.

### 3.6 Localización y asignación de espacios

Según los criterios analizados, se zonifica el almacén y se asigna la localización. El primer modelo (Figura 9) corresponde a una agrupación ideal de artículos según el modelo planteado.

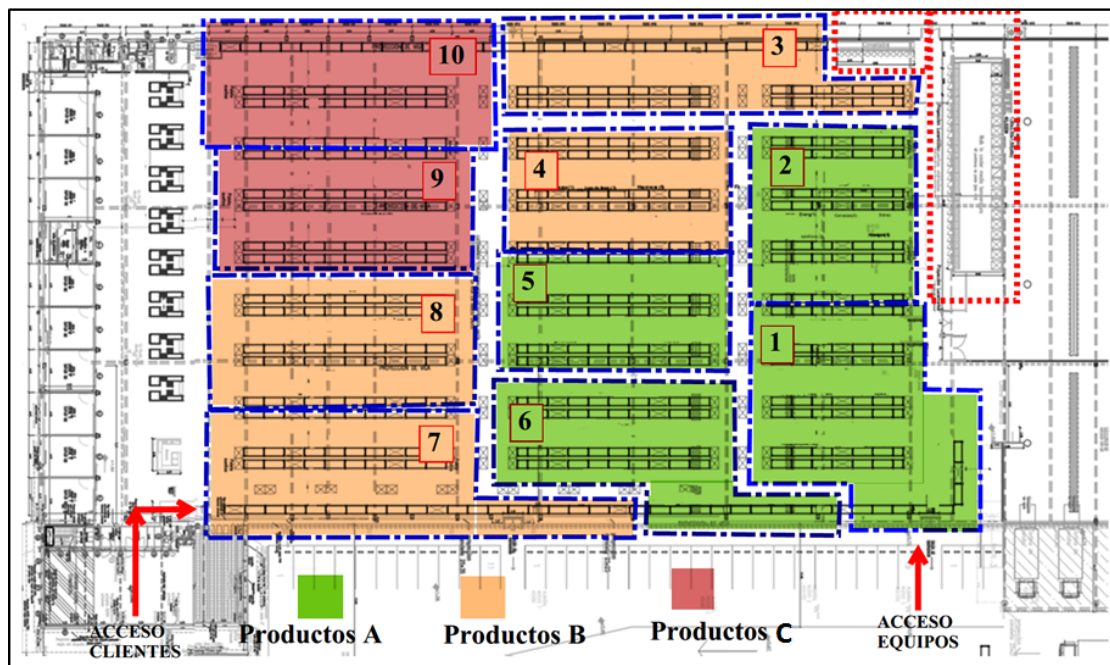


Figura 9 Layout con división de áreas de productos y localizaciones según clasificación ABC. Elaboración propia.

Observaciones: los recuadros azules obedecen a la zonificación interna del almacén, según lo visto en el punto (2.4), las zonas de colores responden a la categoría de artículos.

El segundo modelo corresponde a una optimización del layout propuesto por la empresa de estudio.

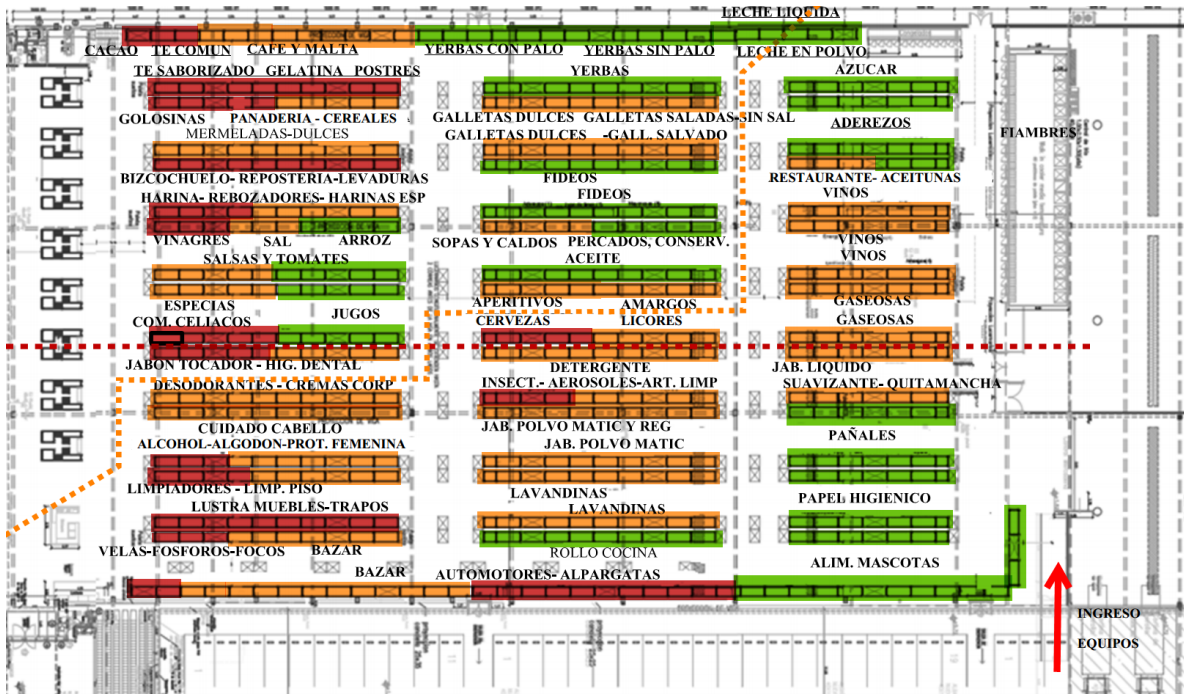


Figura 10 Optimización del Layout presentado por la empresa según los criterios vistos. Elaboración propia.

En la Figura 10 se observan los rubros asignados a cada línea de estanterías. Las líneas divisorias de color rojo (entre COMESTIBLES y NO COMESTIBLES) y la de color naranja (Zona Caliente y Fría).

Tabla 2 Resumen de características de la figura 8

	Artículo A (verde)	Artículo B (naranja)	Artículo C (rojo)
<b>Localización</b>	Ubicación sobre pasillos y en la parte posterior	Ubicación intermedia	Ubicaciones frontales respecto a la línea de cajas
<b>Cantidad de huecos</b>	Asignación de mayor cantidad de huecos, rotación alta	Asignación de huecos en función de la rotación, rotación media y alta	Asignación mínima de huecos y baja rotación

### 3.7 Layout por fila en frentes y almacenaje

En cada fila asignada por rubro, se agrupan los artículos por Marca, según los análisis de Actividad y Rotación. Se presenta como modelo el espacio asignado al rubro FIDEOS (Figura 11).

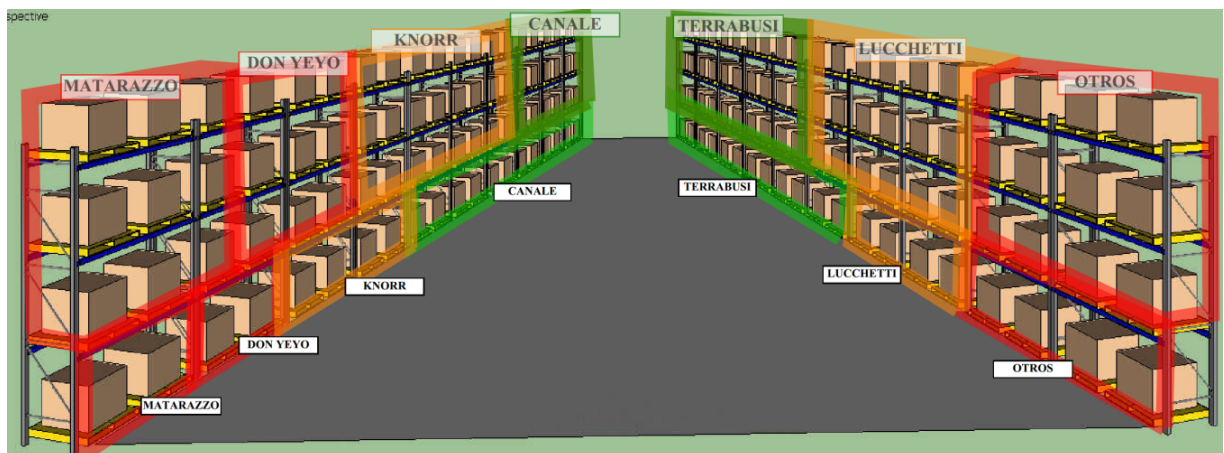


Figura 11 Modelo de asignación de espacio del rubro FIDEOS. Elaboración propia.

Observaciones: se asignan los huecos para almacenaje en función de la rotación mensual. Los frentes de mercadería responden a lo mencionado en el punto (2.6). El grupo "otros" responde a la cantidad de artículos cuya rotación mensual es menor a un pallet por mes. El espacio de almacenamiento (niveles superiores) puede destinarse a otros productos del mismo rubro o adyacentes.



Tabla 3 *Detalle de la asignación de espacio de la figura 9*

MARCA	HUECOS	Almacenaje (pallets)	% Calculado
Canale	5	18	150%
Terrabusi	5	30	105%
Knorr	2	24	100%
Lucchetti	2	18	75%
Don Yeyo	1	9	50%
Matarazzo	1	9	60%
Otros	2	12	50%

Tabla que indica en la columna de **% calculado** la comparación con los cálculos de demanda promedio y responde a las necesidades de abastecimiento mensual.

La localización en cada fila, es de orden descendente desde la salida de equipos hasta la línea de cajas (ubicada en los extremos) y se puede resumir de forma genérica en el siguiente ejemplo (Figura 12) tomado del anterior para el rubro FIDEOS.

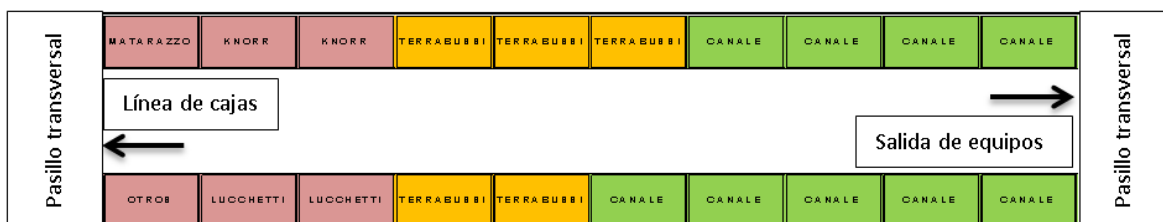


Figura 12 *Asignación de espacio del rubro fideos. Elaboración propia.*

### 3.8 Propuestas de gestión del almacén

Actualmente en el mercado se manejan múltiples sistemas de gestión de almacenes, muchos de ellos proporcionados por las mismas empresas de logística y planificación que realizan los sistemas de almacenaje. Otros software, los tipo ERP o WMS (siglas para Enterprise Resource Planning y Warehouse Management System, respectivamente), suelen venir integrados dentro de los sistemas de gestión habituales de las empresas o adquirirse por separado.

En el caso que nos ocupa y como una tendencia general, observamos que las empresas invierten primero en el soporte informático de la gestión de compras y ventas, pero rara vez en una informatización de los almacenes. Esto trae como consecuencia un desfasaje entre el control de unas operaciones sobre otras, que deben realizarse casi siempre de modo manual.

Para un almacén de características similares a la empresa analizada, proponemos al menos 3 sistemas de gestión basado en la información obtenida en el control de la mercadería al ingreso y a la salida.

#### 1. Gestión de reposiciones

Consiste en programar una planilla dinámica, en Excel o similares, donde se diagraman los huecos del sistema de almacenaje asignando a cada celda el valor de una posición.

La celda indicada como una posición del almacén, contiene el valor de rotación mensual actualizado del producto asignado a ella.

Este valor de rotación se opera por la fórmula (4), dando como resultado el número de días hasta la próxima reposición. El cual se representa mediante un código de colores que indica la urgencia de la reposición, de rojo a verde según cantidad de días, en orden ascendente

Este diagrama, representado de forma esquemática en la Figura 13, proporciona un "mapa de calor" con información actualizada en base a Ventas que permite organizar los recorridos de los equipos y las zonas de trabajo.

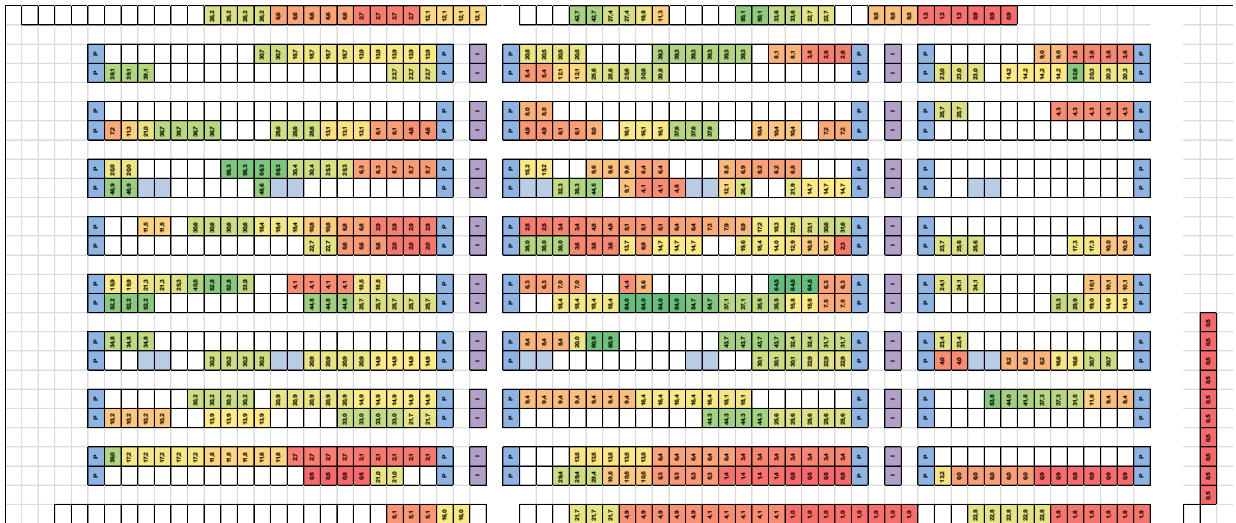


Figura 13 Diagrama del almacén generado en Excel, a partir de los datos de rotación de cada artículo asignado a una posición específica. Elaboración propia.

## 2. Codificación de estanterías

Los datos tomados de productos (ingreso de mercadería) y en la salida de los mismos (ventas por caja o pedidos) no otorgan información alguna sobre la posición de los mismos y el estado de los huecos. Se plantea entonces la codificación de posiciones de forma simple y de bajo costo [2].

**Primero:** se asignan valores a cada posición inferior. El conteo de posiciones es por filas. Código de ejemplo: **001005020** (**001**: código de almacén - **005**: fila 5, de izq. a derecha - **020**: posición n° 20 en dirección a salida de equipos).

**Segundo:** mediante el uso de aplicaciones de celular, del tipo Inventory Management (Gestión de Inventarios), puede reducirse el costo en equipos y software para el registro de información. En este caso proponemos la aplicación ScanPet, cuyo valor de compra es de \$20 por móvil. Se elabora un registro adaptable a Excel, para registrar entradas y salidas por código de barra y la posibilidad de asignar un valor de posición definido por otro código de barra a cada artículo.

**Tercero:** para aplicarlo, el operario que registra la reposición del artículo en los niveles superiores (mercadería entrante) o en los inferiores (reposición a ventas), escanea el código del artículo y de la posición donde se encuentra, asigna el nivel (de 0 a 4) y el valor de entrada (en caso de almacenar) o de salida y entrada (en caso de reponer de alturas superiores a inferiores).

## 3. Gestión de posiciones

A fin de proponer una solución a los problemas surgidos en el punto 2.6 (cantidad de huecos para almacenar), y tomando los datos del control de Compras, Ventas y Almacén vistos en los puntos previos, se propone realizar una planilla dinámica (representada por la Figura 14) que registre y muestre de forma gráfica las posiciones ocupadas (verde) y desocupadas (rojo), representada en 3 hojas (una por cada nivel). El encargado puede saber en todo momento la ubicación y el contenido de cada hueco en el mismo.

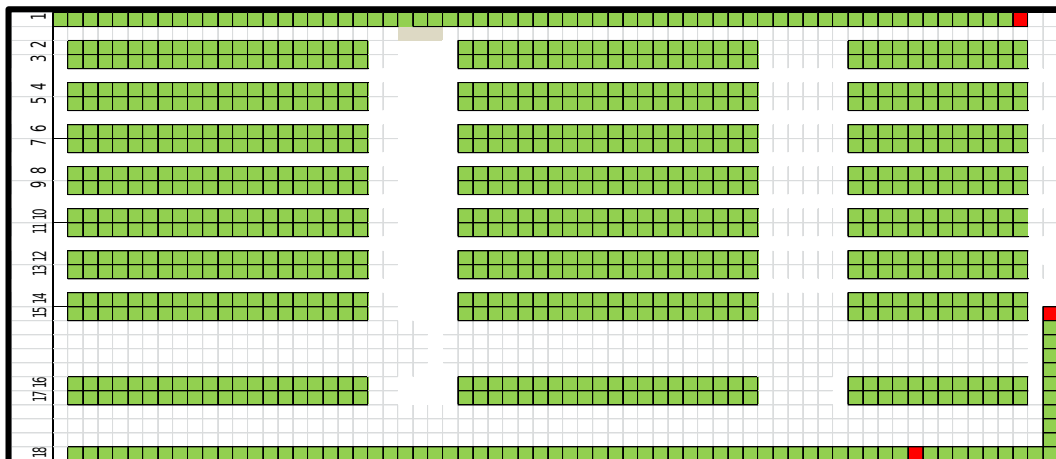


Figura 14 Diagrama del almacén generado en Excel, correspondiente a un nivel de almacenaje, donde se representan las posiciones vacías (rojo). Elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han combinado criterios diferentes para afrontar un mismo problema. La teoría de almacenes y centros de distribución, junto con el criterio de diseño de autoservicios y comercios minoristas, forman en conjunto una metodología que consideramos válida y eficiente para los comercios mayoristas pequeños y grandes. En el caso de estudio se observa que la disposición de productos mediante la planificación adecuada proporciona mayor control y desempeño de múltiples áreas de la empresa (Puntos 2.3 y 2.4). A su vez todo el método se orienta a que la información obtenida sea utilizada en planificaciones a corto y mediano plazo (punto 2.3 y 3.8). La eficiencia de los trabajos de los equipos de reposición de mercadería se mejora por la planificación de recorridos y los datos en tiempo real (punto 2.5). El control sobre la mercadería permite que disminuyan las roturas, vencimientos y problemas de manipulación varios (punto 2.3). Los sistemas de gestión planteados permiten a la empresa informatizarse y gestionar de modo eficiente sin grandes costos de inversión adicionales (punto 3.8).

La imagen de la empresa, valor clave en la gestión de clientes, mejora al proveer un diseño claro y ordenado de los artículos en venta. La prevención de faltantes también cumple un papel importante (punto 2.5).

Finalmente, el método planteado pone al almacén como punto clave de las actividades de la empresa, por donde pasan todas y cada una de sus partes, y cuyo buen funcionamiento toma relevancia al involucrar y conectar a todos los agentes que toman decisiones en el establecimiento.

#### 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] ANAYA TEJERO, JULIO JUAN. (2008) *Almacenes: Análisis, diseño y Organización*. Madrid, 1ra ed., ESIC EDITORIAL. España

[2] LÓPEZ FERNANDEZ, RODRIGO. (2006) *Operaciones de Almacenaje*. Madrid, 1ra ed. THOMSON PARANINFO. España

[3] IGLESIAS ANTONIO, (2012) *La Gestión de la cadena de Suministro*, Madrid, 1ra ed. ESIC EDITORIAL. ESPAÑA

[4] MEJIA TOVAR, EDWIN YURANNY (2005), *Estudio para el montaje de un supermercado especializado en ventas de productos de consumo masivo, en la ciudadela el Recreo*, Universidad de la Salle, Trabajo de Grado para el título de administrador de empresas. Bogotá D.C., Colombia



# **Análisis de la interacción de factores tangibles e intangibles en el funcionamiento de las Cadenas de Suministro de Pequeñas y Medianas Empresas del Noroeste Argentino**

Castillo, Silvana\*, Amaya, Gonzalo<sup>1</sup>, Lee, Liliana<sup>2</sup>, Ríos, Sandra<sup>3</sup>, Vargas, Micaela<sup>4</sup>  
Correa, Florencia<sup>5</sup>, Mir, Yamila<sup>6</sup>, Cabanillas, Cecilia<sup>7</sup>, Michalus, Juan<sup>8</sup>

*Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería, 4400, Argentina,  
[se\\_castillo@yahoo.com.ar](mailto:se_castillo@yahoo.com.ar)*

## **RESUMEN**

Un gran número de organizaciones han adoptado el concepto de Cadena de Suministro. Sin embargo se han detectado que en diferentes publicaciones no se aborda la identificación de factores tangibles e intangibles y su interacción como mecanismo de solución para diferentes problemas que atraviesan las organizaciones.

Particularmente, se han estudiado en trabajos preliminares los principales problemas que atraviesan las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) del Noroeste Argentino (NOA).

El objetivo principal del trabajo consiste en estudiar los factores tangibles e intangibles que influyen sobre el funcionamiento y articulación de las PyMEs del NOA.

La metodología aplicada consiste en realizar un relevamiento de información primaria y secundaria de las PyMEs del NOA, elaborar un marco teórico sobre el estudio de factores tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro, y un análisis de una Cadena de Suministro de una Pequeña y Mediana empresa salteña.

Finalmente se plantean conclusiones y propuestas de mejora adecuadas a la situación actual de las Cadenas de Suministro de PyMEs del NOA.

**Palabras Claves:** Cadenas de Suministro, Pequeñas y medianas empresas, Noroeste argentino

## **ABSTRACT**

A large number of organizations have adopted the concept of Supply Chain. However, it has been detected that different publications do not address the identification of tangible and intangible factors and their interaction as a solution mechanism for different problems faced by organizations.

In particular, the main problems that the Small and Medium Enterprises (PyMEs) of the Argentine Northwest (NOA) have been studying have been studied in preliminary works.

The main objective of the work is to study the tangible and intangible factors that influence the functioning and articulation of the PyMEs of the NOA.

The applied methodology consists in carrying out a survey of primary and secondary information of the PyMEs of the NOA, to elaborate a theoretical framework on the study of tangible and intangible factors of a Supply Chain, and an analysis of a Supply Chain of a Small and Medium Salta company.

Finally, conclusions and proposals for improvement are proposed, appropriate to the current situation of NOA's PyME Supply Chains.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente competitividad y los fenómenos de globalización, exigen a las organizaciones respuestas cada vez más eficientes, procesos y estrategias que les permitan innovar en un escenario de constantes cambios. Surgen así nuevos conceptos como la Cadena de Valor y Cadena de Suministro aplicados a las organizaciones.

Se han realizado relevamientos sobre informes de Pequeñas y Medianas empresas (PyMEs) del Noroeste Argentino (NOA) y se han detectado que las problemáticas son únicamente de carácter tangible y muchas de ellas se atribuyen a las mismas causas raíces [4]. La globalización y las nuevas concepciones del funcionamiento de las organizaciones tienden a ampliar la visión de una organización a una Red de suministro, ya que ninguna organización opera de forma aislada. Aspectos como la colaboración y cooperación aún no son incorporados en las PyMES.

Para poder analizar los factores que afectan a las PyMEs es conveniente evaluar las ventajas y desventajas que presentan con el objeto de considerar la potencialidad de incorporar tales conceptos como instrumentos de análisis. En [1,2] se analizan tales aspectos. Algunas de las ventajas que se identifican son:

- Generan alto volumen de empleo
- Poseen alta rapidez de respuesta a los cambios en el entorno
- Favorecen el desarrollo interregional, descentralizando y potenciando las economías regionales.
- Flexibilidad de estructuras, que favorecen adaptaciones inmediatas a los mercados, incluso acciones anticipativas
- Proporcionan oportunidades de inversión a corto plazo
- Simplicidad en la organización, que facilita la integración y comunicación entre las áreas funcionales, y entre la empresa y su entorno
- Actúan de amortiguador en las crisis coyunturales, debido a su menor coste de capital y su mayor flexibilidad
- Facilitan la identificación del personal con la cultura de la empresa
- Permiten un mejor aprovechamiento de las capacidades creativas del personal

Y las desventajas que señalan son:

- Dificil acceso a mercados financieros
- Escasa vocación exportadora, apertura a nuevas tecnologías y modernización de la gestión
- Dificultad de acceso a economías de escala tanto en aprovisionamientos como en producción y comercialización
- Presupuestos restringidos para acciones de comunicación, lo que dificulta su presencia continuada en los mercados de gran consumo
- Sistemas de gestión rudimentarios, con escasa formación de los cuadros directivos
- Falta de planificación a largo plazo y de objetivos claramente definidos
- Dificultad de mantener el control en los procesos de crecimiento acelerado
- En la mayoría de los casos, su carácter familiar le impide dotarse de cuadros directivos profesionales
- Presenta resistencia a fusiones, asociaciones y cooperación en general
- Discontinuidad en los niveles de calidad
- Insuficiencia de los beneficios concedidos por la Administración
- Falta de capacitación del personal

Considerando lo anterior y lo expuesto en [3], los problemas más importantes que se identifican en las PyMES del NOA son:

- La falta de publicaciones que analicen los aspectos tangibles e intangibles de las Cadenas de Suministro, principalmente en las PyMES (solo se mencionan algunos factores)
- Ausencia de la incorporación de conceptos como la Cadena de Suministro y Cadena de Valor en las PyMES como forma de supervivencia en los mercados actuales
- Ausencia de un análisis global de las Cadenas de Suministro que integre los aspectos tangibles e intangibles, y su relación con las problemáticas identificadas en las PyMES.

Es así que se han definido los siguientes objetivos de trabajo:

- Elaborar un marco teórico que permita identificar los aspectos tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro de PyMES, y las ventajas de su análisis
- Evaluar los aspectos tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro de una PyME del NOA

## 2. METODOLOGIA

La metodología de trabajo se divide en las siguientes etapas:

- a) Relevamiento de información primaria y secundaria que permita detectar los principales problemas de las PyMEs del NOA
- b) Recolección de información de publicaciones, informes relacionados a los factores tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro
- c) Análisis de los aspectos tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro en PyMEs del NOA
- d) Conclusiones y perspectivas de mejora

## 3. MARCO TEÓRICO

El concepto de integración de las organizaciones surge a partir de las transformaciones en los sistemas de producción, los cuales se desempeñan en mercados abiertos y con orientación a la satisfacción total del cliente. En una red o cadena de suministro coexisten dos tipos de factores intangibles y tangibles, que interactúan y son determinantes en el funcionamiento y rendimiento de una Cadena de Suministro.

Los elementos tangibles dan origen a los factores intangibles. Sin embargo, los factores intangibles, son importantes a su vez para el óptimo aprovechamiento de los recursos. Como resultado de la interrelación directa entre estos dos tipos de factores, se presenta una interacción mutua (retroalimentación), influyendo de manera relevante en el nivel de desempeño de la cadena de suministro.

En los factores tangibles intervienen los recursos monetarios, físicos y materiales, en tanto que en los factores intangibles tienen una fuerte influencia los factores de carácter humano, relacionales y estructurales. A continuación se definen algunos conceptos que permiten identificar los factores tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro.

### 3.1 Cadena de Suministro

El concepto tradicional de la Cadena de Suministro se ha transformado en un conjunto de redes de valor. El sector empresarial que ha modificado esta conceptualización, son los partidarios de la colaboración. Estas redes promueven la integración que ha evolucionado del concepto de organizaciones aisladas a la creación de valor para cada uno de los socios de la red [4]. No se podrían formar redes de empresas, sino son apoyadas con mecanismos logísticos de articulación. La coordinación es conveniente que se desarrolle en un medio de colaboración empresarial dentro de un ambiente de la Cadena de Suministro.

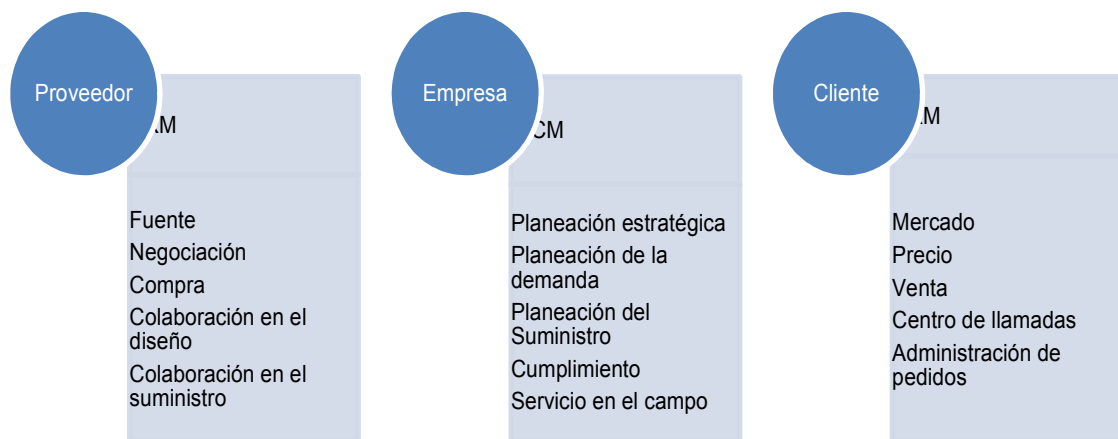
Debido a los cambios a nivel organizacional atribuido a la globalización de mercados, se han integrado los procesos a través de una red organizacional, convirtiéndose al cliente como socio en las organizaciones proveedoras, y estas a su vez clientes socios de otras organizaciones que abastecen. La organización fabricante del producto de consumo final actúa a su vez como proveedora de las organizaciones mayoristas y a su vez a minoristas. Los diferentes participantes se visualizan como eslabones de una cadena a la que se denomina Cadena de Suministro. Esta última captura la sinergia de la integración administrativa intra e inter empresarial. [4] define el concepto de Cadena de suministro como el conjunto de empresas integradas por proveedoras, fabricantes, distribuidores y vendedores(mayoristas) coordinados eficientemente por medio de las relaciones de colaboración en sus procesos, clave para colocar los requerimientos de insumos o productos en cada eslabón de la Cadena en el tiempo preciso al menor costo, con el propósito de satisfacer los requerimientos de los consumidores finales.

### 3.2 Procesos e integración en una Cadena de Suministro

Para analizar los aspectos que influyen sobre la operatividad de Cadena de Suministro, es necesario conocer el mecanismo de funcionamiento y los procesos involucrados. En [5] se clasifican tres procesos:

- Administración de la relación con el cliente (CRM, Customer Relationship Management): Todos los procesos enfocados en la interfaz entre la empresa y sus clientes
- Administración de la Cadena de Suministro Interna (ISCM, Internal Supply Chain Management) involucra todos los procesos internos de la empresa.
- Administración de la relación con el proveedor (SRM, Supplier Relationship Management): todos los procesos enfocados en la interfaz entre la empresa y sus proveedores.

En la Figura 1, se muestra los procesos macro de la Cadena de Suministro:



*Figura 1: Procesos Macro de la Cadena de Suministro*  
Fuente: Diagrama realizado a partir de [5]

La integración de los tres procesos macro es determinante para una adecuada administración de la Cadena de Suministro. Los procesos gestionan el flujo de información, productos y fondos requeridos para generar, recibir y satisfacer el pedido del cliente.

El proceso CRM genera la demanda del cliente y facilita la colocación y trazabilidad de los pedidos. Incluye procesos como comercialización, fijación de precios, ventas, administración de pedido, y del centro de atención de clientes entre otros.

El proceso ISCM pretende satisfacer la demanda generada por el proceso CRM de manera oportuna y al menor costo posible. Los procesos que incluye son: planeación de la producción, almacenamiento, preparación de planes de demanda y oferta, surtido de pedidos reales etc.

Los procesos SRM toma medidas respecto a las fuentes de abastecimiento, y su administración en cuanto a bienes y servicios. Incluyen la evaluación y selección de proveedores, la negociación de los términos de la entrega, y la comunicación en relación con productos nuevos, y pedido a proveedores.

La falta de integración perjudica la capacidad de la cadena de igualar la oferta y la demanda con eficacia, lo que conduce a clientes insatisfechos y altos costos. Las empresas estructuran la organización de una Cadena de Suministro que refleje los procesos macro y garanticen una buena comunicación y coordinación entre los responsables de los procesos que interactúan entre sí. En [5] se releva la importancia de la coordinación de la Cadena de Suministro. Se señala que esta mejora si en sus etapas se realizan acciones que estén alineadas y que incrementen su rendimiento total. Esto requiere que cada etapa comparta información y tome en cuenta el impacto que sus acciones tienen sobre otras etapas. Una de las faltas de coordinación se presenta porque diferentes etapas de la Cadena de Suministro tienen objetivos que provocan conflictos, o porque la información que circula entre ellas se distorsiona o demora. En algunos casos, cada etapa trata de maximizar sus propias utilidades, lo que da por resultado una reducción de la utilidad total de la Cadena. El desafío es que las Cadenas de Suministro logren la coordinación a pesar de los diferentes actores, y variedad de productos a lo largo de la cadena. Es así que se identifican una serie de obstáculos que facilitan la coordinación de una Cadena de Suministro. A estos últimos se los puede agrupar en cinco categorías:

- de incentivos
- de procesamiento de la información
- de operaciones
- de fijación de precios
- de comportamiento

Los obstáculos de incentivos suceden en situaciones en que los incentivos dados a las diferentes etapas de la Cadena de Suministro producen variabilidad y reducción de sus utilidades totales. A veces los incentivos se focalizan en el impacto puntual de un eslabón, y dan por resultado decisiones que no contribuyen a la maximización del rendimiento total de la Cadena.

Los obstáculos de procesamiento de información suceden cuando la información de la demanda se distorsiona de acuerdo se mueve entre las distintas etapas de la Cadena de Suministro, lo que conduce a una variabilidad incrementada en los pedidos dentro de la Cadena (por pronósticos basados en pedidos y no en la demanda del cliente o por información no compartida)

Los obstáculos operacionales suceden cuando las acciones emprendidas en colocar y abastecer el pedido conducen a un incremento de la variabilidad

Los obstáculos de fijación de precios se originan cuando las políticas de fijación de precios de un producto aumentan la variabilidad de los pedidos colocados (por descuentos por cantidad basados en el tamaño de lote, fluctuaciones de precios etc)

Los obstáculos de comportamiento están relacionados con problemas de aprendizaje dentro de una organización que contribuyen información distorsionada. Estos problemas están relacionados con la forma en que la Cadena se estructura y las formas de comunicación entre las diferentes etapas. Entre ellos se mencionan:

- Distintos eslabones de una Cadena de Suministro reaccionan ante la situación local actual en vez de tratar de identificar las causas que lo originan
- Cada etapa visualiza sus acciones localmente, y es incapaz de considerar el efecto de sus acciones sobre otras etapas
- En base a un análisis local, las diferentes etapas de la Cadena de Suministro se culpabilizan por las variabilidades, y en etapas sucesivas se vuelven enemigas en vez de socias
- Se genera un círculo vicioso en el cual las acciones realizadas por una etapa crean los mismos problemas de los que la etapa culpa a otras.
- La falta de confianza entre varios socios hacen que sean oportunistas a expensas del desempeño global. Esto ocasiona que la información disponible no se comporta o sea ignorada por falta de confianza.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente pueden identificarse factores que son del tipo tangibles e intangibles que influyen sobre la coordinación y rendimiento de las Cadenas de Suministro. Como se pudo analizar ambos factores coexisten entre sí, y afectan el funcionamiento de una Cadena de Suministro.

Para tener una visión más integrada de la Cadena de Suministro resulta necesario analizar los aspectos antes mencionados.

### **3.3 Aspectos tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro**

Se han realizado diversos relevamientos de publicaciones para clarificar y distinguir los aspectos tangibles e intangibles en una Cadena de Suministro que influyen sobre el funcionamiento y el rendimiento. De acuerdo a lo mencionado por [6], una organización es como un árbol: hay una parte visible (las frutas) y una parte oculta (las raíces). Si solamente se tienen en cuenta las frutas, el árbol puede morir. Para que el árbol crezca y continúe dando frutos, será necesario que las raíces estén sanas y nutridas. Esto es válido para las organizaciones si solo se concentran en los frutos (los resultados financieros) y se ignoran los valores escondidos, la organización sobrevivirá al largo plazo. No se han encontrado con exactitud definiciones sobre los aspectos tangibles e intangibles de una Cadena de Suministro. A continuación se da una aproximación de ambas terminologías.

Los factores tangibles están integrados por los capitales, recursos físicos y financiero. Los factores intangibles, mientras tanto, integran los factores humanos, relacionales y estructurales. El componente humano se refiere al conocimiento (explícito y tácito) útil para la organización adquirido por sus integrantes, así como su capacidad para generarlo. El componente estructural es el conocimiento que puede ser explicitado, sistematizado e internalizado por la organización. El componente relacional es el valor que tiene para una organización el conjunto de relaciones que mantiene con el exterior como ser la potencialidad para generar nuevos clientes, alianzas con proveedores, desarrollo de canales de venta, etc. [7].

#### **3.2.1 Aspectos tangibles**

Como se mencionó en el inciso anterior, los aspectos tangibles se encuentran integrados por los capitales, recursos físicos y financieros. Estos factores dependen de las características de cada tipo de organización, y su complejidad depende del rubro de actividad en la que se desarrolla.

El capital económico que posee una organización depende de su administración, y de los medios de financiamiento para hacer frente a los riesgos e incertidumbre del negocio.

En lo que se refiere a los aspectos financieros, de acuerdo a [5] el objetivo de una Cadena de Suministro es incrementar su rendimiento. Las medidas financieras que se tienen en cuenta son el ROE (Rendimiento sobre el capital invertido), ROA (rendimiento sobre los activos) y el APT (la rotación de cuentas por pagar) y el APT (la rotación de cuentas por pagar) que define el apalancamiento financiero.

En lo que se refiere a los recursos físicos se puede mencionar:

- Las instalaciones: son las ubicaciones físicas reales en la Red de Cadena de Suministro donde se almacena, ensambla o fabrica el producto. En tanto que las decisiones vinculadas con el rol, ubicación, capacidad y flexibilidad de las instalaciones corresponden a los factores intangibles.
- El inventario: corresponde a las materias primas, trabajo en proceso y productos terminados dentro de una Cadena de Suministro.
- Transporte: implica trasladar inventario de punto a punto en la Cadena de Suministro. Las opciones de transporte tienen un gran impacto en la capacidad de respuesta, y eficiencia de la Cadena de Suministro.

### **3.2.2 Aspectos intangibles**

En algunos artículos se analiza la importancia de los factores blandos en la gestión de integración en las cadenas/ redes de abastecimiento. La revisión de la literatura mostró que los determinantes blandos de la integración y gestión de esas cadenas corresponden a factores intangibles asociados a la forma en que las organizaciones se relacionan y se comportan. En una cadena de Suministro deben coexistir una serie de factores intangibles que dependen de una serie de aspectos como ser: contexto socio económico, político, tamaño de la organización, cultura, misión, visión de la organización, etc. Ninguna cadena funciona de forma aislada, y se desarrolla como una red de otras cadenas interrelacionadas. Es allí que los aspectos intangibles pueden identificarse tanto fuera como dentro de la organización. Como se mencionó los factores intangibles integran los factores humanos, relacionales y estructurales.

En los factores humanos se tienen en cuenta:

- El nivel estratégico dado por la cultura organizacional, sistemas de gestión, objetivos, políticas, misión, visión de la organización, estrategias de comercialización, TIC, innovación, desarrollo tecnológico, Know how entre etc
- En todos los niveles de la organización se hacen presentes a través del flujo de información entre eslabones de la cadena, y dentro de cada eslabón, como ser las formas de comunicación, información, cooperación etc.
- Las relaciones interpersonales dentro de cada eslabón y entre ellos, tal es el caso del nivel motivacional, situaciones de conflicto entre otros.

En cuanto a los factores estructurales, en [4] se plantea claramente los tres elementos que la componen. Ellos son:

- Los miembros de la Cadena de Suministro: A criterio de los autores se considera que las personas coexisten en los dos factores tangibles e intangibles, ya que las personas pueden identificarse como personas físicas pero además cuentan con conocimiento implícito (experiencia, Know how, sentido de pertenencia etc). Los miembros de una cadena de suministro incluyen todas las organizaciones con quienes la organización central actúa recíproca, directa o indirectamente a través de sus proveedores o clientes, desde el punto de origen al punto de consumo.

- Dimensiones estructurales de la red: son todas las organizaciones que participan en una cadena de producción y servicios desde las materias primas hasta el consumidor final. Las dimensiones por considerar incluyen la longitud de la cadena de suministro y el número de proveedores y clientes en cada nivel. Los factores más comunes que determinan la cantidad de organizaciones que deben ser administradas bajo el concepto de cadena de suministro son: la complejidad del producto, el número de proveedores y la disponibilidad de materias primas (factores tangibles). No todos los eslabones a lo largo de la cadena de suministro deben ser estrictamente coordinados e integrados a la gestión, pues el nivel de relación entre los eslabones es muy diferente. En la gestión de la cadena de suministro se necesita seleccionar el nivel de asociatividad más apropiado para cada eslabón en particular. La relación más apropiada evidentemente es aquella con la mayor importancia para la organización. Para determinar la estructura de la red, es necesario identificar quiénes son los miembros de la cadena de suministro. Se deben clasificar por nivel y evaluar que tan críticos son para el éxito organizacional [8].

- Diferentes tipos de eslabones que componen los procesos: Una vez que las organizaciones han realizado todas las mejoras y optimizado todas sus operaciones logísticas a nivel interno, se observa a lo largo de toda la Cadena de Suministro para poder continuar en el siguiente paso de mejora de sus operaciones logísticas. El objetivo principal es que todos los miembros de la Cadena de Suministro trabajen como si pertenecieran a una misma organización (incluyendo proveedores, fabricantes, distribuidores y consumidores), la misma sinergia que surge del trabajo coordinado, planificado y con estrategias y objetivos comunes, hará que todos puedan mejorar su desempeño considerablemente.

En cuanto a los factores relacionales, se puede destacar las relaciones establecidas entre:

- Proveedores de una organización central
- Clientes
- Entre organizaciones de la misma actividad

- Con organizaciones de apoyo a la organización central

La cultura organizativa es característica de cada organización debido a sus particularidades. Los objetivos, políticas, misión, visión de la organización lo definen las áreas gerenciales, y son claves a largo plazo para el funcionamiento de la cadena. Por otro lado, los sistemas de gestión y las estrategias de comercialización son definidas a mediano plazo, y se encuentran en concordancia con los conceptos dados a nivel estratégico.

Los sistemas información y el desarrollo de tecnología en la actualidad juegan un papel importante en la gestión de la cadena de suministro. Estos sistemas de información favorecen a la gestión de la cadena de suministro permitiendo a las organizaciones vincular los consumidores finales con los proveedores para una rápida reacción ante cambios en los mercados. Además estos últimos permiten concretar el fin de colaboración entre los distintos eslabones participantes en una cadena de suministro logrando coordinación y colaboración para desarrollar e implementar nuevas ideas que solucionen los problemas internos y externos de las organizaciones.

El tema de la comunicación se destaca como un factor relevante. La falta de metas comunes, surgidas a partir del enfoque tradicional que persiste en las organizaciones, no permite a los participantes abrirse y compartir información clave, provocando con ello insuficiente comunicación, y fallas de sincronización, suscitándose fuertes conflictos entre sí, los cuales provocan un desempeño deficiente en las actividades logística, reforzándose con ello la visión de corto plazo. La misma organización tradicional provoca la confrontación entre las áreas funcionales de la empresa, poco interés y la escasez de una visión estratégica de la alta dirección [9].

Otros autores mencionan diversos factores blandos, casi siempre analizados de forma separada, todos ellos se pueden agrupar en tres factores: el capital social, la cultura organizacional y la gestión del conocimiento. El Modelo propone que toda cadena/red de abastecimiento requiere ser pensada como una estrategia competitiva [10]. Tanto las nuevas tecnologías que operan en las áreas funcionales de las empresas, como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones modifican la forma de organizar y gestionar las empresas [11].

#### 4. ANALISIS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO DE LA PROVINCIA DE SALTA

Para clarificar la interacción entre ambos factores, se dará una ejemplificación de una Cadena de Suministro de la provincia de Salta. Es necesario aclarar que cada organización tiene sus singularidades, con lo cual debería adaptarse el análisis a cada una de ellas.

De acuerdo a [12], Salta forma parte de la región noroeste del país, limita al norte con Bolivia y la provincia de Jujuy, al este con Paraguay y las provincias de Formosa y Chaco, al sur con las provincias de Santiago del Estero y Tucumán, mientras que al sudoeste con Catamarca; finalmente, al oeste tiene frontera con Chile. El Producto Bruto Geográfico (PBG) de la provincia, en términos de participación en el total del país, representaba el 1,56%, según las últimas estadísticas con metodología homogénea. Respecto a la participación sectorial (según PBG a precios corrientes), la provincia presenta la siguiente estructura:

- Servicios (61% del PBG total). Este sector genera la mayor parte del valor agregado de Salta y cuatro de sus componentes explican el 43,3% del PBG provincial: Enseñanza (13,9%); Administración Pública (11,4%), Comercio (10,7%) y Servicio de transporte, de almacenamiento y de comunicaciones (7,3%). La participación del resto de los rubros se distribuye de la siguiente manera: Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler (5,4%), Servicios sociales y de salud (4,9%), Intermediación financiera y otros servicios financieros (3,7%), Servicios de hotelería y restaurantes (1,7%), Servicios comunitarios, sociales y personales (1,5%) y Servicios de hogares privados que contratan servicio doméstico (0,4%).
- Bienes (39% del PBG total). Dentro de este sector se registra mayor participación de las actividades del sector primario (21,6%) que de la industria manufacturera (9,7%), seguidas por los rubros: Construcción (4,9%) y Electricidad, gas y agua (2,8%). Dentro del sector primario, las actividades más relevantes se concentran en la agricultura y silvicultura (azúcar, hortalizas y legumbres, cítricos, vitivinicultura y tabaco).

La configuración productiva de Salta presenta una estructura centrada en el sector primario: actividades agropecuarias y mineras. Entre las cadenas de valor agropecuarias presentes en la provincia se encuentran la de: tabaco, azúcar, legumbres, cítricos y vitivinicultura. Asimismo, se destacan la actividad hidrocarburífera y la minería, a la vez que existen proyectos vinculados al desarrollo de fuentes de energías renovables. Por último, cabe señalar que la provincia presenta características que la convierten en un importante atractivo turístico.

La vitivinicultura posee una larga tradición en la provincia de Salta. Las primeras viñas fueron traídas por los Jesuitas desde Perú en el siglo XVIII, al pueblo de Molinos, donde se implantaron 200 hectáreas de viñedos. La actividad se desarrolla a lo largo del Valles Calchaquíes. Sus suelos se caracterizan por una fuerte aridez y amplia exposición al sol. Los viñedos están situados entre

los 1.600 metros sobre el nivel del mar, en Cafayate, hasta más de 2.400 m en las cercanías de Molinos. Por esto los vinos de los Valles Calchaquíes son promocionados como Vinos de Altura. Salta concentra el 1,2% del total de viñedos a nivel nacional. Si bien es una provincia con una tradición en este cultivo, se observa una fuerte renovación de los viñedos ya que el 56% de las plantaciones tienen menos de 15 años. La producción se localiza en la región de los Valles Calchaquíes, con su principal centro productivo en Cafayate. Posee 2.650 hectáreas implantadas. Las principales variedades son Torrontés (883 ha.), Malbec (781 ha.) y Cabernet Sauvignon (476 ha.). En el año 2013 la provincia procesó 31 mil toneladas, equivalentes al 1,5% del total nacional. El 79,5% de los vinos poseen certificación varietal.

En sector primario cuenta con 245 establecimientos, el 44% de las unidades productivas explica el 1% de la superficie plantada, mientras que sólo el 5% da cuenta del 54%. Las bodegas ascienden a 36, las principales se encuentran parcialmente integradas. Entre las más importantes figuran Etchart (Grupo Pernod Ricard) y El Esteco (Grupo Peñaflor), ambas ubicadas en Cafayate.

Entre 2003 y 2010 las exportaciones crecieron al 30% interanual pasando de 2,9 a 18,1 millones de dólares, acompañando un crecimiento del sector a nivel nacional producto de la mejora de los términos de intercambio. En 2013 las ventas de vino alcanzaron un total de 10,4 millones de dólares representando el 1% del total de exportaciones de la provincia. Los principales mercados son Estados Unidos y Brasil.

En la etapa primaria, los requerimientos de mano de obra varían según el nivel tecnológico y sistema de conducción del viñedo. El trabajo familiar predomina en los estratos de hasta 25 hectáreas y tiene una presencia muy baja en los establecimientos más grandes. En los niveles tecnológicos medios y bajos con sistema de parral, se requiere de 43 a 57 jornales/hectárea/año. En niveles altos con sistema de espaldera, el requerimiento varía entre 44 y 54 jornales/hectárea/año, dependiendo del sistema de riego. Las tareas que demandan mayor mano de obra estacional son cosecha, poda y riego. El requerimiento de mano de obra especializada y el mayor porcentaje de trabajadores transitorios es mayor en el perfil tecnológico alto.

A nivel legislativo, la actividad vitivinícola se encuadra en el siguiente marco:

- ✓ Ley del Vino y creación del Instituto Nacional de Vitivinicultura (Ley N° 14.878/59): regula la producción, industria y comercio vitivinícola. Crea el INV, organismo competente para entender en la promoción y el control técnico de la producción, la industria y el comercio vitivinícola.
- ✓ Plan Estratégico Argentina Vitivinícola 2020 (2004): a fin de lograr un posicionamiento de los vinos varietales de mayor valor en los mercados del Norte; desarrollo del mercado latinoamericano y reimpulso del mercado nacional; y desarrollo de los pequeños productores de uva.
- ✓ Programa de Asistencia para la Cadena Vitivinícola – Subsecretaría de Desarrollo de las Economías Regionales. SAGPyA. (Resolución 249/2009).
- ✓ Centro de Desarrollo Vitícola Valles Calchaquíes (2013): convenio INTA-COVIAR con el objetivo de apoyar el desarrollo de los pequeños y medianos productores

En base al marco conceptual detallado en el Inciso 3.3, se han identificado los aspectos tangibles e intangibles que pueden ser aplicados a una Cadena Vitivinícola estándar.

En lo que se refiere a los factores tangibles dependiendo del tamaño y del mercado al que están dirigidos, cada vitivinícola se caracteriza por poseer su capital económico y sus correspondientes indicadores financieros. En los últimos años, el gobierno ha desarrollado planes y programas de financiamiento y asistencia técnica destinados al sector vitivinícola. Dependiendo de cada organización vitivinícola, la infraestructura puede contar con instalaciones físicas relacionadas con la logística de abastecimiento (producción primaria), logística interna(industrial) como así de la logística de distribución( de productos terminados).

En referencia a los aspectos intangibles en el informe diseñado por [13], se esquematiza una Cadena de Suministro, según puede verse en la Figura 2:



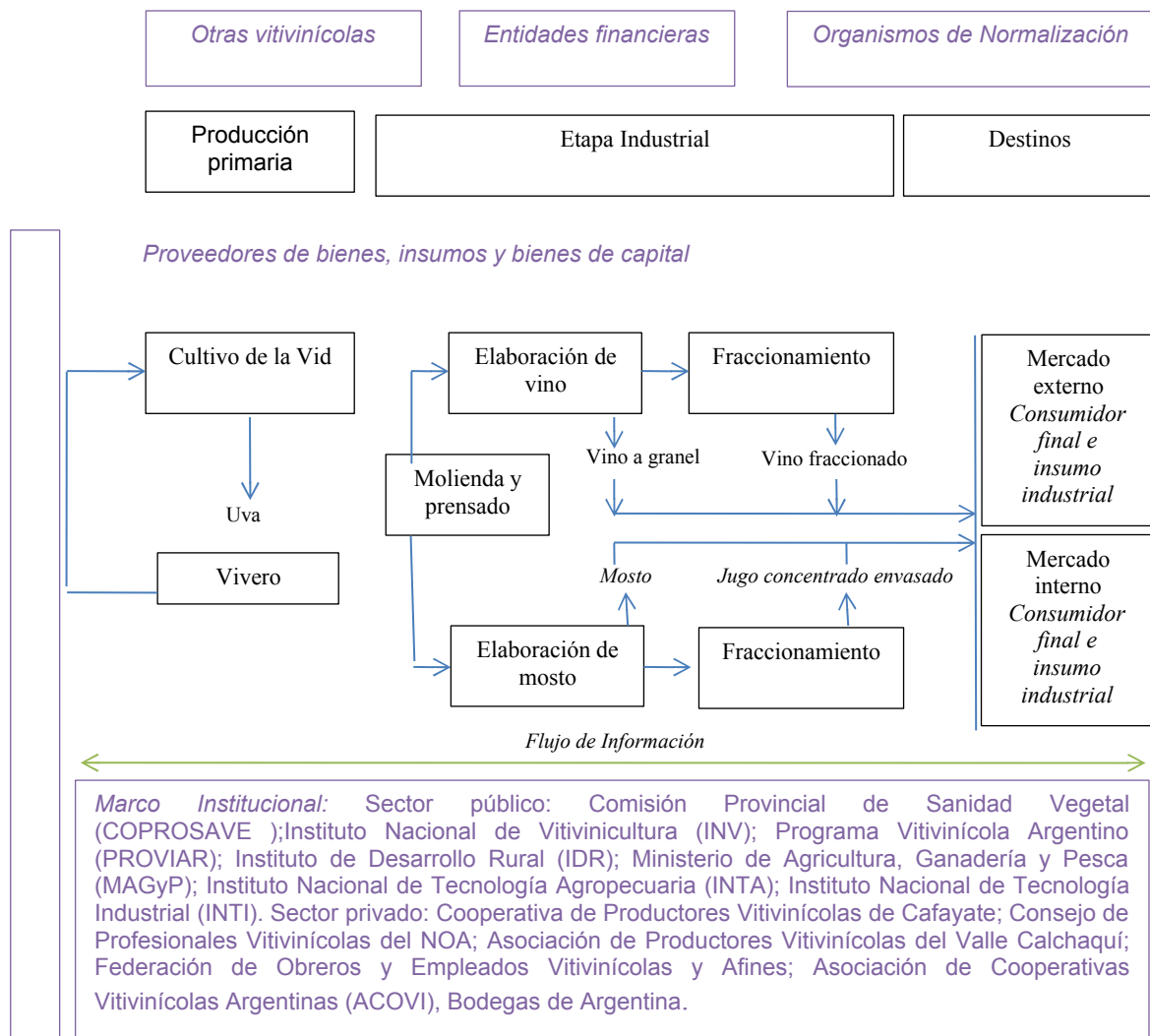


Figura 2: Cadena de Suministro Vitivinícola adaptado según [13]

En la estructura de red mostrada en la Figura 2, se esquematiza las etapas de producción y procesos involucrados en base al flujo de materiales para la producción de los productos. En ella pueden identificarse los miembros directos e indirectos de la Cadena de Suministro. Los actores directos reconocidos en cada etapa son:

\*En la producción primaria: productores primarios, proveedores de químicos, mano de obra (En este ítem se incluye la agricultura familiar).

\*En la producción secundaria: bodegas, mano de obra local (especializada y no especializada), proveedores de materia prima y equipamientos.

\*Demanda: integrada por clientes internos (restaurantes, supermercados, mayoristas, minoristas etc), y por clientes externos para la exportación.

Los actores indirectos se encuentran formados por: sectores gubernamentales (municipales, provinciales y nacionales), organismos de financiamiento interno y externo, Organismos de Normalización, Cámaras industriales y de producción vitivinícola, Sindicatos, Medios de comunicación etc

La estructura de la Red de Suministro que se identifica es horizontal, aunque claramente se encuentra traccionada por los sectores industriales y de comercialización que fijan los precios de los productos finales

Los aspectos intangibles identificados, se pueden clasificar en internos y externos a la organización vitivinícola. A nivel interno se pueden identificar otros factores intangibles de acuerdo a los actores y niveles de decisión involucrados [5]. A nivel estratégico se definen los objetivos, metas, visión, misión y planeamiento estratégico, que influyen a largo plazo sobre el funcionamiento y rendimiento de la Cadena de Suministro. Otros factores intangibles detectados son los mecanismos de implementación de Sistemas de Gestión que contribuyen a la mejora en el rendimiento de las Cadenas de Suministro. Como ser sistema de gestión del medio ambiente, calidad, alimentos entre otros. Este aspecto es característico de cada tipo de organización y depende en gran medida de la cultura organizacional.

A nivel de planeamiento y operativo, se definen los siguientes factores intangibles:

- Coordinación y colaboración entre eslabones

- Mecanismos de comunicación e información en tiempo real
- Know How
- Sistemas de gestión entre eslabones

A nivel externo se identifican los siguientes factores intangibles tales como:

- La cooperación entre los eslabones, por ejemplo entre el sector primario y el industrial, sector industrial y de comercialización.
- Mecanismos de comunicación e información entre los eslabones
- Pactos y convenios entre los eslabones, por ejemplo entre el INTA y el sector primario
- Sistemas de gestión entre eslabones. Por ejemplo de Calidad, Ambiente etc

La capacidad de integrar aspectos tangibles e intangibles ofrece una serie de ventajas a nivel de la organización central y de la red de suministro de la que forma parte. [4] cita las siete fuerzas creadoras de ventaja competitiva:

- Servicio al cliente
- Valor agregado
- Innovación
- Velocidad de producción y servicios
- Calidad del producto
- Conveniencia
- Estilo de vida

A nivel de la organización interna permite efficientizar los procesos y el rendimiento en todos sus eslabones para poder alcanzar los objetivos y metas organizativos. Aplicar ambos aspectos de forma ordenada, y con la participación de todos los actores a nivel interno permiten una efectiva coordinación con los otros eslabones. En el caso de la red vitivinícola, las exigencias de la calidad de las diferentes variedades del vino a nivel nacional e internacional, hacen que se opten por sistemas de gestión y de mejora continua de los procesos que contribuyen a obtener indicadores positivos para las organizaciones involucradas. Es así que deben articularse los otros eslabones de aprovisionamiento y de logística de distribución, tanto para recepcionar materias primas de buena calidad como para gestionar los canales de distribución para dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes.

Una forma de analizar este impacto es a través de indicadores, [14] considera que las mediciones son necesarias para probar y revelar la viabilidad de la estrategia, sin la cual una clara dirección para mejorar y alcanzar las metas podría ser insuficiente. [4,14] señalan algunos indicadores, de acuerdo al nivel:

-Estratégico:

- Tiempo total del flujo del dinero
- Tasa de retorno de la inversión
- Flexibilidad de atención a necesidades particulares de clientes
- Tiempo del ciclo de entrega
- Tiempo total del ciclo
- Nivel de relación estratégica cliente-proveedor
- Tiempo de respuesta al cliente

-Táctico

- Grado de la cooperación para mejorar la calidad
- Costo total de transporte
- Confiabilidad del pronóstico de demanda
- Tiempo del ciclo de desarrollo del producto

-Operativo

- Costo de manufactura
- Utilización de capacidad
- Costo por información
- Costo por inventario

[9] recomienda que a través de los indicadores sean identificadas las áreas débiles de la cadena, para luego, a través del empleo de otro indicador, pueda tenerse una mayor visión en el establecimiento de políticas dirigidas al logro de los objetivos de mejoramiento del desempeño de las organizaciones. En [5] se sugiere que se pueden incrementar las utilidades totales de la Cadena y moderar la distorsión de la información si se alinean los objetivos e incentivos, se mejora la visibilidad y precisión de la información, se mejora el desempeño operativo, se establece el diseño de estrategia de fijación de precios para estabilizar precios y se construye sociedades estratégicas y de confianza.

## 5. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE MEJORA

Las PyMEs del NOA presentan grandes desafíos para afrontar la situación económica actual. La visión de Cadena de Suministro incorporada a los sectores de producción y servicios, facilitaría en gran medida la reactivación de varios de ellos que se encuentran aislados o no potenciados. Los grandes cambios a nivel global, requieren el análisis de los aspectos tangibles e intangibles, la tecnología y la innovación son objetos claves pero no centrales, ya que los aspectos intangibles como ser los factores humanos, formas organizativas, la cooperación entre eslabones, la formas comunicativas, mecanismos de información entre otros son ubicados en un segundo plano, y en algunos casos no tenidos en cuenta como factor de cambio. La teoría de las restricciones cita que una Cadena es tan débil como su eslabón más débil, por ello es importante que todos los eslabones que la conforman, puedan alcanzar sus objetivos y metas sin efectos traccionadores negativos de algunos eslabones más fuertes. En este punto, es importante la intervención de otros actores como el Estado, que permitan regular los mecanismos de funcionamiento de las Cadenas de Suministro, y favorezcan a la cooperación entre eslabones.

En base al estudio realizado se propone analizar con más detalle las Cadenas de Suministro principales de cada una de las provincias que forman parte del NOA desde la visión de análisis de aspectos tangibles e intangibles. Este análisis requerirá realizar diagnósticos previos que integren ambos aspectos, plantear diferentes configuraciones de redes de suministro (con la participación de los actores), analizar las ventajas y desventajas de cada una de las propuestas, mediciones de rendimiento, y finalmente estudiar su viabilidad y sostenibilidad a lo largo del tiempo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Braidot, N.P., Soto, E. (1999). Las pymes latinoamericanas.: herramientas competitivas para un mundo globalizado. Primera edición. Ifema. Argentina
- [2] Elola, L., García, M, Vela Jiménez, (1999). El panorama actual de las pymes: ventajas y desventajas competitivas. Esic Market. España
- [3] Castillo, S, Cabanillas, C., Quispe, F, Ester, Y. (2016). Estudio de los aspectos relevantes de la Cadena de Suministro en Pequeñas y Medianas Empresas salteñas. Congreso Nacional de Ingeniería Industrial. Salta, Argentina
- [4] Jiménez Sánchez V; Hernández García, Salvador, P.T.(2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico. Instituto mexicano del transporte-Secretaría de comunicaciones y transporte.215, 67-238. México
- [5] Chopra, S., Meindl, P.(2008). Administración de la cadena de suministro. México. Tercera edición. Pearson educación. México
- [6] Edvinsson, L. Malone, M.S. (1997). Intellectual capital: Realising your company's true value by finding its hidden brainpower. Harper Business, New York.
- [7] Fuster, A. (2000). Cuadro de mando e indicadores para la gestión de personas. Fundación para el desarrollo de la función del recurso humano (fundipe). Madrid: editorial. AEDIPE.España
- [8] Vázquez, G.I., Herrera, M.Á., Mendoza, F.J.D.( 2015). Cadena de suministro: Inulina de Agave. México. Disponible en:  
[http://gitmexico.com/acacia/busqueda/pdf/CADENA\\_DE\\_SUMINSTRO\\_INULINA\\_DE\\_AGAVE.pdf](http://gitmexico.com/acacia/busqueda/pdf/CADENA_DE_SUMINSTRO_INULINA_DE_AGAVE.pdf)
- [9] Sánchez, J. (2004). Los factores críticos de éxito de la Cadena de Suministro. Instituto mexicano del transporte-Secretaría de comunicaciones y transporte.237. México
- [10] Aldana-Bernal, J.C., Bernal-Torres, C.A. (2018). Factores Blandos en la Gestión de Integración de las Cadenas y/o Redes de Abastecimiento: Aproximación a un Modelo Conceptual. Información Tecnológica 29, 103–114.
- [11] Anduiza, J.G., (2017). Gestión de la cadena de suministro: análisis del uso de las tic y su impacto en la eficiencia. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- [12] Ministerio de Hacienda-Presidencia de la Nación(2017). Informe Productivo de Salta 2017. Argentina. Disponible en:  
[https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas\\_provinciales/Informe\\_Productivo\\_salta.pdf](https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Informe_Productivo_salta.pdf)
- [13] Ministerio de Economía y Finanzas públicas(2014). Informe productivo provincial Salta. Argentina. Disponible en:  
[<https://www.google.com.ar/search?q=informe+productivo+salta&aq=informe+productivo+salta&aq=chrome..69i57j0.10267j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>]
- [14] Gunasekaran, A., Patel, C., Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. Int. J. Oper. Prod. Manag. 21, 71–87.USA

# **METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA PARA DETERMINAR LA ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO DE PYMES DEL SECTOR INDUSTRIAL Y LA TASA DE RENDIMIENTO REPRESENTATIVA.**

Couselo, Romina E\*; Williams Eduardo A., Pendón Manuela M; Cibeira Natalia P, Crespi, Mario G

*Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata.  
romina.couselo@ing.unlp.edu.ar.*

## **RESUMEN.**

La investigación es la herramienta utilizada para la búsqueda del conocimiento y la verdad; debe ser central para poder crear líneas de acción que permitan generar contenidos de calidad y sean un aporte al tema investigado. En el proceso de investigación, se tiene la oportunidad de reflexionar sobre sus inquietudes intelectuales y buscar una metodología que permita extraer datos e información desde la realidad.

La construcción del método es vital para poder avanzar en cualquier trabajo de investigación, por tanto, se tendrá que aprender a seleccionar el procedimiento adecuado de abordaje para el tema que se quiere trabajar.

El objetivo del trabajo es elaborar un método de obtención de información primaria a través de la confección de una encuesta a Pymes de diferentes actividades económica del sector industrial de la región de La Plata y alrededores.

La información que se obtendrá de las encuestas, permitirá conocer y calcular la participación relativa y los costos que tiene cada una de las fuentes de financiamiento de las Pymes de cada actividad económica del sector industrial de la región. Lo que permitirá: por un lado, y mediante la fórmula de Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC), obtener una tasa de rendimiento representativa de las Pymes de cada una de las actividades económicas del sector industrial regional que permita calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) dentro del dimensionamiento económico de la formulación y evaluación de proyectos de inversión; y por otro lado, obtener conclusiones acerca de las estructuras de financiamiento de las Pymes y presentación de alternativas posibles de diferentes estructuras óptimas de financiamiento en forma individual y por actividad.

**Palabras Claves:** Metodología, Investigación, Tasa de rendimiento, financiamiento, Pymes

## **ABSTRACT**

Research is the tool used to search for knowledge and truth; it must be central to be able to create lines of action that allow the generation of quality content and be a contribution to the subject under investigation. In the research process, you have the opportunity to reflect on your intellectual concerns and find a methodology that allows you to extract data and information from reality.

The assembly of the method is essential in order to advance in any research work, therefore, you will have to learn to select the appropriate procedure for approaching the topic you want to work on.

The object of the work is to develop a method of obtaining primary information through the preparation of a survey of SMEs from different economic activities of the industrial sector of the La Plata region and surroundings.

The information that will be obtained from the surveys will allow us to know and calculate the relative participation and costs of each of the SME financing sources from each economic activity in the industrial sector of the region.

Allowing on the one hand and through the Weighted Average Cost of Capital (WACC) function, obtain a representative rate of return for SMEs from each of the economic activities of the regional industrial sector to calculate the internal rate of return (IRR) and the net present value (NPV) within the economic sizing of the formulation and evaluation of investment projects; and on the other hand, obtain conclusions about the financing structures of SMEs and presentation of possible alternatives of different optimal financing structures individually and by activity.

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación es la herramienta utilizada para la búsqueda del conocimiento y la verdad; debe ser central para poder crear líneas de acción que permitan generar contenidos de calidad y sean un aporte al tema investigado. En el proceso de investigación, se tiene la oportunidad de reflexionar sobre sus inquietudes intelectuales y buscar una metodología que permita extraer datos e información desde la realidad.

La construcción del método es vital para poder avanzar en cualquier trabajo de investigación, por tanto, se tendrá que aprender a seleccionar el procedimiento adecuado de abordaje para el tema que se quiere trabajar.

El desenvolvimiento de la actividad empresarial requiere contar con información económico-financiera oportuna para la toma de decisiones que satisfagan las necesidades del sector empresarial como así también las de cualquier interesado en realizar inversiones. En general para todos los sectores de la economía de la región conformada por los partidos de La Plata y alrededores, se da una carencia y desorden significativo de datos e información oportuna y útil para la toma de decisiones, iniciativas de proyectos, y propósitos internos o externos de las organizaciones. Las empresas del sector industrial no cuentan con información, ya sea económica, estacional, estadística; que les permita compararse y superarse, solo se van adaptando a los requerimientos del mercado y del cliente, en base a pequeños atisbos de intuición empresarial. En la región no hay una base de datos e información fidedigna, que permita conocer el estado de situación real del sector. Las empresas se crean para perdurar y para crecer. La principal responsabilidad del personal directivo y ejecutivo es maximizar el valor de la empresa.

### 1.1. Objetivos.

El objetivo del trabajo es elaborar un método de obtención de información primaria a través de la confección de una *encuesta* a Pymes de diferentes actividades económica del sector industrial de la región de La Plata y alrededores.

### 1.2. Alcance

La información que se obtendrá de las encuestas, permitirá conocer y calcular la participación relativa y los costos que tiene cada una de las fuentes de financiamiento de las Pymes de cada actividad económica del sector industrial de la región. Lo que permitirá: por un lado, y mediante la fórmula de Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC), obtener una tasa de rendimiento representativa de las Pymes de cada una de las actividades económicas del sector industrial regional que permita calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) dentro del dimensionamiento económico de la formulación y evaluación de proyectos de inversión; y por otro lado, obtener conclusiones acerca de las estructuras de financiamiento de las Pymes y presentación de alternativas posibles de diferentes estructuras óptimas de financiamiento en forma individual y por actividad.

### 1.3 Bases teóricas

#### 1.3.1. Información

##### 1.3.1.1. La información como activo

Respecto al valor de la información, Oppenheim, Stenson, & Wilson [1] [2] [3], identifican los atributos de la información y concluyen que a ésta se puede considerar, en el ámbito de las organizaciones, como activo informativo. En la misma línea temática, Max F. Cohen [4], analiza algunos aspectos del uso de la información en la economía de la información donde considera que la información es un activo. Al considerar a la información como activo se encuentra una denotación económica, mejor dicho, en la economía de la información, la cual concibe una preocupación de la cantidad de información procesada en una organización, mediante la interacción de sus integrantes, para la toma de decisiones. Cohen [4], basado en un contexto de la teoría de la información, describe cómo las organizaciones utilizan la información, desde el control de inventarios —materia prima—, horas máquina disponibles, tiempo de entrega de productos, hasta el uso de información por parte de los clientes, con la finalidad última de reducir costos.

Pero ¿qué proponen de Widen-Wulf [5] respecto al valor de la información en las organizaciones? Los autores consideran que la información, en diferentes redes sociales, complementa la explicación de la conducta organizacional, y ofrece predicciones más precisas acerca del comportamiento organizacional.

##### 1.3.1.2. La administración de la información

La administración de información (AI), según Archairra & Pani [6], tiene ciertos elementos básicos, tales como el acceso, evaluación, administración, organización, filtrado y distribución de la información de tal manera que la información puede ser útil para el usuario final.

Kirk [7] señala que la administración de la información es practicada por los individuos en las organizaciones. Por otra parte, Almeida & Escrivão [8] puntualizan más en los procesos de la AI,

los cuales sintetizan en varias etapas: en la determinación de necesidades de información y en la obtención, procesamiento, distribución y utilización de esa información. En cuanto a esta última etapa, los autores indican que, después de utilizada la información, hay una nueva demanda de la misma, reiniciando un nuevo proceso de AI. Es importante destacar la descripción del proceso en el cual se identifican las necesidades de información, ya que se puntualiza en la necesidad de comprender las fuentes y los tipos de información, así como la descripción de sus características y flujos los cuales son necesarios para un buen desempeño de la organización.

Liao & Tang [9], apuntan que el estudio de la AI, a partir del análisis de varios elementos como son: los datos, la información y el conocimiento. Los autores puntualizan que, la integración permite que los elementos de una organización comprendan la importancia de conjuntar los datos para darle un sentido orientado a la consecución de metas organizacionales. Por otro lado, el modelado y representación, producto de integración de información, incide en la creación de capital humano mediante el conocimiento adquirido por los elementos de una organización.

En otro contexto de la AI, Bergeron [10] contribuye, mediante enfoques cualitativos, al estudio de la práctica informativa utilizando la administración de recursos de información para conocer quiénes y cómo utilizan esa información en las organizaciones. Para esto, el autor, escogió, y categorizó, los siguientes sujetos de estudio: los directivos de distintas organizaciones de los sectores servicios e industrial. Lo que se rescata de la investigación de este autor, para el estudio de los flujos de información en las organizaciones, son algunos elementos para la administración de los recursos informativos, tales como su búsqueda y uso, el análisis de sus contenidos, la transferencia o la manera en que se comparten esos recursos, el tratamiento de la información como recurso y la información como soporte de contenidos propios de las organizaciones.

El autor Aja [11], en cuanto a que “una adecuada gestión de administración de la información, en el contexto de una gerencia de calidad, posibilita reducir los riesgos en la administración de la organización que ocasionan la pérdida y reducción de competitividad en el mercado”.

#### *1.3.1.3. Alcance de la información en las organizaciones*

En un sentido más amplio, hay evidencia documental acerca de la incidencia o alcance de la información como capital social de las organizaciones y la identificación de la información en el proceso de aprendizaje organizacional y la creación de inteligencia organizacional e inteligencia competitiva.

#### *1.3.1.4. Tipos de fuentes de información*

Según el nivel de información que proporcionan las fuentes de información pueden ser primarias o secundarias.

**Las fuentes primarias** contienen información nueva y original, resultado de un trabajo intelectual. Son documentos primarios: libros, revistas científicas y de entretenimiento, periódicos, diarios, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, patentes, normas técnicas.

**Las fuentes secundarias** contienen información organizada, elaborada, producto de análisis, extracción o reorganización que refiere a documentos primarios originales.

Son fuentes secundarias: enciclopedias, antologías, directorios, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones.

#### *1.3.2. Encuesta.*

Una encuesta es una técnica o método de recolección de información en donde se interroga a un grupo de personas con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación.

La encuesta es una técnica de recogida de datos mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra de individuos. A través de las encuestas se pueden conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de los ciudadanos.

En una encuesta se realizan una serie de preguntas sobre uno o varios temas a una muestra de personas seleccionadas siguiendo una serie de reglas científicas que hacen que esa muestra sea, en su conjunto, representativa de la población general de la que procede.

#### *1.3.2. 1. Metodologías para realizar encuestas*

Algunos pasos para realizar una encuesta:

**1. Establecimiento de los objetivos de la encuesta:** el primer paso para hacer una encuesta consiste en establecer claramente los objetivos que se buscarán alcanzar con esta.

Los objetivos de una encuesta se establecen en función a la razón por la que se ha decidido realizarla

**2. Determinación de la población o universo a estudiar:** una vez establecido los objetivos, se procede a determinar la población o universo a estudiar.

La población o universo a estudiar es el conjunto de personas con características similares de las cuales se desea obtener información que permita, una vez analizada, cumplir con los objetivos de la encuesta.

**3. Identificación de la información a recolectar:** una vez determinada la población o universo a estudiar, se procede a identificar la información a recolectar.

La información a recolectar debe ser aquella procedente de la población que permita, una vez analizada, cumplir con los objetivos de la encuesta; por ejemplo, si el objetivo de una encuesta es el de conocer la aceptación y demanda que podría tener un nuevo producto, la información a recolectar podría estar conformada por las intenciones de compra de los consumidores, el gasto promedio que realizan al comprar productos similares, la frecuencia con la que los compran, etc.

**4. Diseño del cuestionario:** una vez identificada la información a recolectar, se procede a diseñar el cuestionario de la encuesta.

El cuestionario de una encuesta debe contener las preguntas que permitan obtener la información requerida; por ejemplo, si la información a recolectar es aquella que permita conocer la aceptación y demanda que podría tener un nuevo producto, algunas de las preguntas del cuestionario podrían ser:

- ¿estaría dispuesto a probar este nuevo producto?
- ¿cuánto suele gastar en promedio al comprar productos similares?
- ¿con qué frecuencia compra productos similares?

Algo importante con respecto al cuestionario es que las preguntas de este pueden ser cerradas o abiertas. Las preguntas cerradas son aquellas que solo le dan al encuestado determinadas alternativas como respuesta; por ejemplo:

- ¿Estaría dispuesto a probar este nuevo producto?

Sí

No

No sabe / no opina

- ¿Qué es lo primero que toma en cuenta al momento de comprar este tipo de producto?

La marca

La calidad

El modelo

El precio

Mientras que las preguntas abiertas son aquellas que le dan al encuestado la libertad para que las responda con sus propias palabras; por ejemplo:

- ¿Por qué eligió nuestro servicio?
- ¿En qué podemos mejorar nuestro servicio?

Las preguntas cerradas tienen la ventaja de ser rápidas de contabilizar y procesar, y fáciles de analizar; mientras que las preguntas abiertas consumen bastante tiempo en ser contabilizadas y procesadas, y son más difíciles de analizar; pero tienen la ventaja de permitir obtener conclusiones importantes que no se podrían obtener al utilizar solamente preguntas cerradas, por lo que, a pesar de no utilizarse mucho, siempre es recomendable combinarlas con las cerradas.

**5. Cálculo de la muestra:** una vez diseñado el cuestionario, se procede a hacer el cálculo de la muestra.

La muestra es el número de personas representativo de la población al que se va a encuestar y, por tanto, el número de encuestas que se va a realizar.

La razón para calcular y encuestar solamente a una muestra es que al hacer ello es posible obtener datos precisos sin necesidad de tener que encuestar a toda la población, ahorrando así tiempo y dinero; por ejemplo, en la contratación, capacitación y supervisión de los encuestadores, y en la recolección, contabilización y procesamiento de la información.

**6. Recolección de la información:** una vez diseñado el cuestionario, se procede a recolectar o recoger la información requerida; es decir, a hacer efectiva la encuesta.

En la recolección de la información el encuestador aborda o contacta al encuestado en la calle (por ejemplo, en un centro comercial), en su casa u oficina o por teléfono, y le formula las preguntas del cuestionario a la vez que va anotando sus respuestas; o le envía el cuestionario vía correo postal o correo electrónico para que lo llene.

En caso de realizar un trabajo de campo (el encuestador sale a la calle a abordar al encuestado) es necesario realizar una buena planificación de este, lo cual podría incluir seleccionar y contratar a los encuestadores, capacitarlos para que realicen las preguntas del cuestionario adecuadamente, organizarlos por grupos o equipos de trabajo, determinar el lugar o los lugares en donde se realizará la encuesta, el día y la hora en que empezará y el tiempo que durará.

**7. Contabilización y procesamiento de la información:** una vez recolectada la información, se procede a contabilizarla y a procesarla de tal manera que pueda ser fácilmente analizada.

**8. Análisis de la información:** finalmente, una vez contabilizada y procesada la información, se procede a analizarla e interpretarla, y a obtener las conclusiones correspondientes.

Los resultados de cada pregunta del cuestionario deberían permitir obtener conclusiones, pero también el conjunto de resultados de todas las preguntas debería permitir obtener conclusiones generales.

### 1.3.3. Costo Promedio Ponderado del Capital

El Costo de Capital Promedio Ponderado (CCPP o WACC) es una medida financiera, la cual tiene el propósito de englobar en una sola cifra expresada en términos porcentuales, el costo de las diferentes fuentes de financiamiento que usará una empresa para un proyecto de inversión específico.

También es la tasa de descuento que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión.

Para calcular el CCPP, se requiere conocer los montos, tasas de interés y efectos fiscales (se puede calcular sin tener en cuenta el efecto fiscal sobre los pasivos) de cada una de las fuentes de financiamiento seleccionadas, por lo que vale la pena tomarse el tiempo necesario para analizar diferentes combinaciones de dichas fuentes y tomar la que proporcione la menor cifra.

Comparativamente, sin entrar al detalle de la evaluación del proyecto, "el CCPP debe ser menor a la rentabilidad del proyecto a fondear" o expresado en otro orden "el rendimiento del proyecto debe ser mayor al CCPP".

La fórmula para su cálculo es:

$$\text{CCPP} = K_e \frac{PN}{PN+P} + K_d (1-T) \frac{P}{PN+P}$$

$K_e$ : Coste de equity o Fondos Propios

$K_d$ : Coste de la Deuda Financiera

$PN$ : equity o Fondos Propios (Patrimonio Neto)

$P$ : Deuda Financiera (Pasivo)

$T$ : Tasa impositiva

La principal ventaja de este modelo es que determina el costo de la inversión independientemente de las fuentes de financiación, para así determinar la tasa de rendimiento a partir de la que se genera valor agregado para los accionistas -si el WACC es inferior a la rentabilidad sobre el capital invertido, se genera un valor económico agregado (EVA) para los accionistas-. Como desventaja, esta fórmula supone que la estructura de capital es constante (no contempla la posibilidad de que la empresa modifique su nivel de endeudamiento). Es por esto por lo que es recomendable combinar el WACC, VAN, TIR para obtener la mejor estimación en una evaluación de proyecto de inversión.

¿Para qué es importante saber el costo promedio ponderado del capital de una empresa? Las empresas deben decidir cómo financiarse, si con deuda o con patrimonio.

Si la empresa decide financiarse con fondos de terceros, por ejemplo, con bancos, esto tendrá un costo, es decir que el banco al prestar el dinero puede determinar por ejemplo un cobro del 10% efectivo anual, esta tasa o interés es el costo que el banco cobra a la empresa por la financiación, ese 10% es el costo de la deuda. Si la empresa decide financiarse con patrimonio (dueños de la empresa o con inversionistas) también tendrá un costo debido a que estos exigirán una participación o rentabilidad en las utilidades de la empresa y este costo se le conoce como costo del patrimonio.

Pero si ambos se comparan para determinar cuál sería el más costoso la pregunta sería: ¿Los dueños exigen más que lo que exigen los bancos? la respuesta es sí porque los dueños tienen un riesgo mayor y porque si ellos no ganan lo que se le va a pagar a los bancos, mejor se convertirían en acreedores de la misma empresa y le prestarían el dinero para ganar mucho más, además de considerar el riesgo asociado debido a que el riesgo sigue a la rentabilidad. Por lo que se espera es que la rentabilidad del patrimonio o costo del patrimonio sea mayor al costo de la deuda, es decir que el porcentaje que se le pagará a los dueños de la empresa o inversionistas por el dinero invertido sea mayor al porcentaje que se les pagará a los bancos por el costo de la deuda adquirida. Por esta razón debe haber una mezcla de financiamiento, la empresa podría financiarse totalmente con patrimonio o también una parte con deuda y una parte con patrimonio, pero la pregunta aquí sería la siguiente: ¿cómo determinar cuánto sería el costo conjuntamente si se tienen atados ambos costos en caso de que la empresa opte por esta opción? Precisamente para esto sirve el WACC el cual permite calcular ese costo promedio de capital que es la mezcla de financiación entre terceros y dueños.

### 1.3.4. Tasa de corte de proyectos de inversión. TIR y VAN

Teniendo en cuenta el valor en el tiempo del dinero, por el cual preferimos recibir un peso hoy en vez de un peso mañana, el VAN, Valor Actual Neto, permite obtener un valor actualizado por la



“Tasa de Corte”, de los flujos de fondos futuros esperados al momento actual deducida la inversión inicial.

El criterio de aceptación de un proyecto de inversión obtenido por el VAN es que se aceptan los proyectos con VAN positivo o mayor a cero.

Si la rentabilidad del mismo, medida por la TIR, Tasa Interna de Retorno, es mayor a la tasa exigida, es de esperar, salvo situaciones particulares, que el VAN sea positivo y la inversión sea factible.

El criterio de aceptación de un proyecto de inversión por el método de la TIR es aceptar todo proyecto que la TIR sea superior a la tasa de corte.

La tasa de corte puede calcularse con la metodología adaptada del WACC, Weighted Average Cost of Capital o Costo Promedio Ponderado del Capital, el cuál es una medida del costo del financiamiento de los proyectos de inversión. Así, si el proyecto de inversión requiere una combinación de deuda y capital propio tal que el costo financiero a afrontar fuera del 35%, y la rentabilidad esperada del proyecto fuera del 30%, más que interesante en la Argentina, es fácil darse cuenta que el mismo debería ser rechazado.

## 2. RESULTADOS

Para comenzar con la metodología propuesta, se presentó el objetivo por el cual se necesita realizar la encuesta.

### 1- Objetivo

El objetivo general es conocer y poder calcular la participación relativa y los costos que tiene cada una de las fuentes de financiamiento de las Pymes de cada actividad económica del sector industrial de la región. Lo que permitirá: por un lado, y mediante la fórmula de Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC), obtener una tasa de rendimiento representativa de las Pymes de cada una de las actividades económicas del sector industrial regional que permita calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) dentro del dimensionamiento económico de la formulación y evaluación de proyectos de inversión; y por otro lado, obtener conclusiones acerca de las estructuras de financiamiento de las Pymes y presentación de alternativas posibles de diferentes estructuras óptimas de financiamiento en forma individual y por actividad.

### 2- Población

Las Pymes del sector industrial de la región de La Plata y alrededores. A su vez se puede segmentar por diferentes actividades dentro del sector industrial.

### 3- Objetivos secundarios que permiten lograr el objetivo principal y así identificar la información a recolectar.

**2.1. Conocer el sector, grado de formalidad y tamaño de la empresa.** Que se obtiene con algunos datos de presentación como ser:

Nombre y razón social

Actividad económica

Productos o servicios que comercializa u ofrece

Año de inicio de actividades

Cantidad de personal

Facturación anual

¿Cómo lleva la contabilidad de la empresa?

**2.2. Conocer las problemáticas de las Pymes.** Por lo que se requiere saber: Qué factores afectan la operatoria de la empresa

**2.3. Estructura de financiamiento.** Qué composición (en porcentaje) de pasivos tiene la empresa.

**2.3. Fuente de financiamiento.** Detectar fuente de financiamiento internas y externas

**2.4. Costo de las fuentes de financiamiento, como ser algunos:**

2.4.1. Proveedores: conocer el precio de contado, el precio financiado y el período de financiamiento

2.4.2. Préstamos bancarios: capital, monto, plazo, tasa de interés, período de gracia, gastos del préstamo, costo financiero total.

2.4.3. Descubierta bancario: plazo, tasa, monto.

2.4.4. Deudas impositivas: Moratoria, monto, plazo, período, tasa.

2.4.5. Otras

**2.5. Patrimonio Neto, del cual se desprenden las siguientes cuentas patrimoniales:**

- 2.5.1. Capital
- 2.5.2. Reservas
- 2.5.3. Resultados (del ejercicio y acumulados).

4- Luego de presentar los objetivos, se define el diseño de la encuesta.

Se utilizaron preguntas abiertas y cerradas para lograr cumplir con los objetivos. Además, se presentó en las siguientes partes: sobre la empresa, características de la empresa, el pasivo de la empresa y por último o el patrimonio neto de la Pyme.

**Encuesta**

**1. Sobre la empresa**

- 1.1. Nombre y razón social -----
- 1.2. Actividad económica-----
- 1.3. Productos o servicios que comercializa u ofrece -----
- 
- 1.4. Año de inicio de actividades -----
- 1.5. Cantidad de personal -----
- 1.6. Monto de facturación anual -----

**2. Características de la empresa**

**2.1. ¿Cómo lleva la contabilidad de la empresa? Marque con una cruz la o las opciones correctas.**

- 2.1.1. Solo utiliza un cuaderno de apuntes personales
- 2.1.2. Utiliza programas como Excel
- 2.1.3. Utiliza servicio de un contador o profesional interno
- 2.1.4. Utiliza servicio de un contador o profesional externo
- 2.1.5. No realiza contabilidad
- 2.1.6. No sabe
- 2.1.7. Otros

**2.2. Indique en qué medida afectaron los siguientes factores durante el 2018 la operación de la empresa de acuerdo a la siguiente escala, donde 5 es mucha afectación y 0 es no afectó.**

- 2.2.1. Problemas técnicos con los activos fijos (maquinaria, equipo, computadoras, etc).
- 2.2.2. Incremento en los costos de operación (pago de servicios, mano de obra, precio de insumos)
- 2.2.3. Exceso de deudas
- 2.2.4. Problemas con sindicatos o trabajadores
- 2.2.5. Conflictos familiares
- 2.2.6. Inseguridad y criminalidad
- 2.2.7. Regulación fiscal/ impuestos
- 2.2.8. Falta de financiamiento
- 2.2.9. Costo de financiamiento
- 2.2.10. Otros

### 3. Sobre el pasivo de la empresa

#### 3.1. Durante el 2018 cuál es el monto asignado a las siguientes deudas y patrimonio tuvo la empresa en los siguientes rubros

##### 3.1.1. Proveedores

Proveedores	Monto contado	Monto financiado	Plazo del financiamiento (en días)
3.1. 1.a. Proveedor			
3.1.1.b. Proveedor			
3.1.1.c. Proveedor			
3.1.1.d. Proveedor			
3.1.1.e. Proveedor			

##### 3.1.2. Deudas bancarias

Tipo de deuda	Monto solicitado	Plazo	Tasa	Gastos bancarios	CFT
3.1.2.a.					
3.1.2.b.					
3.1.2.c.					
3.1.2.d.					

##### 3.1.3. Descubiertos bancarios

Bancos	Monto acordado	Plazo	Tasa	Gastos bancarios
3.1.3.a.				
3.1.3.b.				
3.1.3.c.				
3.1.3.d.				

##### 3.1.4. Deudas impositivas

Moratoria	Monto	Plazo	Tasa	Observaciones
3.1.4.a.				
3.1.4.b.				
3.1.4.c.				
3.1.4.d.				

##### 3.1.5. Deudas previsionales

Moratoria	Monto	Plazo	Tasa	Observaciones
3.1.5.a.				
3.1.5.b.				
3.1.6.c.				

### 4. Sobre el Patrimonio Neto

#### 4.1. Estructura del Patrimonio neto del año 2018

Rubro	En pesos (\$)	En porcentaje (%)	Rendimiento esperado	Observaciones
4.1.1. Capital				
4.1.2. Reservas				
4.1.3. Utilidad o resultado del ejercicio 2018				
4.1.4. Utilidad o resultados acumulados (o no asignados).				

## 5. Cálculo de la muestra

De la población determinada, en forma aleatoria se encuestará a empresas de la región bajo estudio, de cada una de las siguientes actividades: Productos Alimenticios, Textiles y Cueros, Industria de la Madera, Imprentas y Editoriales, Sustancias Químicas, Productos Minerales No Metálicos, Metálicas Básicas, Productos Metálicos, Maquinarias y Equipos, Otras Industrias Manufactureras.

6. Recolección de la información. Contabilizar la información. Análisis de la información. En estas etapas se realizará

La información se volcará a una hoja de Excel en la cual se disponen los cuadros con los cálculos determinados para poder obtener así el costo promedio ponderado del capital (WACC) de cada una de las empresas encuestadas y simular las posibles alternativas de estructura óptima de financiamiento.

Empresa: -----

Actividad:-----

Rubros	Monto (\$)	Porcentaje de participación de cada fuente de financiamiento (%)	Costo de cada una de las fuentes de financiamiento	Costo Promedio Ponderado
<b>Pasivo</b>				
Proveedor				
Deuda bancaria				
Descubiertos bancarios				
Deudas impositivas				
Deudas previsionales				
Otras deudas				
<b>Patrimonio Neto</b>				
Capital				
Reservas				
Resultados del ejercicio				
Resultados acumulados				
<b>Total</b>				Costo Promedio Ponderado del Capital por empresa

Con el cuadro antes expuesto, se puede determinar el costo promedio ponderado del capital (WACC) de cada una de las empresas encuestadas, lo que ayudará a mostrar cuál es la estructura actual de financiamiento y su costo asociado y poder hacer otras combinaciones de los recursos que ofrezcan menor costo para así poder determinar la estructura óptima de las fuentes de financiamiento.

Cada costo asociado a cada fuente se determina en forma individual con fórmulas y cálculos que nos ayuda a poder completar la columna del cuadro.

Es una herramienta muy útil para generar valor, permite tomar decisiones financieras y de operación, dentro de las finalidades se encuentra la de reducir el costo promedio ponderado y para lograrlo es imprescindible hacer un análisis minucioso de cada componente que afecte el cálculo del mismo y poder tomar decisiones que modifique o mejoren los costos asociados a las fuentes de financiamiento o cambiar la estructura de participación de pasivo y patrimonio neto.

El Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC) =  $K_e \frac{PN}{(P+PN)} + K_d (1-T) \frac{P}{(P+PN)}$

Donde:

Ke: Coste de los Fondos Propios

Kd: Coste de la Deuda Financiera

PN: Fondos Propios. Patrimonio Neto

P: Deuda Financiera. Pasivo

T: Tasa impositiva. Se puede calcular teniendo en cuenta o no la tasa impositiva, en caso de tenerla en cuenta se resta al pasivo.

En otro cuadro se expondrá la información de los costos promedios ponderado agrupados por actividad, para poder determinar el del sector y saber así cuál es la tasa de rendimiento esperada de cada sector y poder ser utilizada para descontar los flujos de fondos de los proyectos de inversión de las actividades dentro del sector industrial de la región.

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Productos Alimenticios		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Textil y Cueros		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Madera		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Imprenta y editoriales		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Sustancias químicas		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Productos minerales no metálicos		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Metálicas básicas		
Empresa 1		
Empresa 2		

<b>Total</b>		
--------------	--	--

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Productos metálicos		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Máquinas y equipos		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Sector Industrial	Costo Promedio Ponderado de cada empresa	Costo Promedio Ponderado de la actividad
Otras industrias manufactureras		
Empresa 1		
Empresa 2		
<b>Total</b>		

Cada actividad dentro del sector industrial de las Pymes, tendrá su tasa de rendimiento representativa (Costo Promedio Ponderado del Capital) que permite a los inversores descontar o actualizar los flujos de fondos de los proyectos de inversión y así poder aplicarlos en la fórmula del valor actual neto (VAN) o como tasa de corte que ayuda a determinar el criterio de aceptación de la tasa interna de retorno (TIR) para llevar adelante o rechazar proyectos de inversión.

Las encuestas se llevarán a cabo por becarios de la facultad que luego participarán en la carga de la información relevada. Junto con grupos docentes se evaluarán las conclusiones de las respuestas y de la información final presentada.

La información analizada será utilizada para publicaciones y como información de método o modelo de estudio para las cátedras de administración financiera y de formulación y evaluación de proyectos de la carrera de ingeniería industrial de la facultad de ingeniería de la U.N.L.P.

### 3. CONCLUSIONES.

Las Pymes industriales de la región no cuentan con información económica financiera oportuna para la toma de decisiones de financiamiento que satisfagan las necesidades del sector empresarial como así también las de cualquier interesado en realizar inversiones.

Las Pymes industriales necesitan conocer las estructuras de financiamiento y los costos asociados para poder tomar decisiones estratégicas de financiamiento.

Lo que motiva a la elaboración de un método de obtención de información primaria a través de la confección de una *encuesta* a Pymes de diferentes actividades económica del sector industrial de la región de La Plata y alrededores para conocer y calcular la participación relativa y los costos que tiene cada una de las fuentes de financiamiento de las Pymes industriales.

Con la encuesta se pretende obtener la información del porcentaje de participación de cada una de las fuentes de financiamiento y de los costos asociados a cada una de las mismas para luego, como resultado, poder obtener el costo promedio ponderado del capital de cada empresa y del sector.

Además, con la información conseguida de las encuestas se quiere obtener una tasa de rendimiento representativa de las Pymes de cada una de las actividades económicas del sector industrial regional que permita calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) dentro del dimensionamiento económico de la formulación y evaluación de proyectos de inversión. La división de la encuesta en cuatro partes, *sobre la empresa y características de la empresa, Pasivo y sobre el Patrimonio Neto*, hace que se conozcan, por un lado, los datos y características de la empresa para clasificarla en cada actividad dentro del sector industrial y por otro la participación relativa de cada una de las fuentes de financiamiento y el costo asociado a cada una de esas fuentes.

Se destaca, dentro de la metodología, a los actores para llevar adelante la tarea de investigación, dando espacio a los alumnos y docentes de la carrera de ingeniería industrial de las cátedras de

administración financiera y formulación y evaluación de proyectos de la facultad de ingeniería de la U.N.L.P. buscando lograr un trabajo para aprender, enseñar, obtener información, analizar, aplicar y utilizar en el ámbito académico y a terceros mediante la presentación de la información oportuna a las Pymes de la región del sector industrial para la toma de decisiones y así agregar valor al sector y a la región.

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] Oppenheim, C.; Stenson, J.; Wilson, R. M. S. (2003). Studies on information as an asset I: Definitions. *Journal of Information Science*. 159-166.
- [2] Oppenheim, C.; Stenson, J.; Wilson, R. M. S. (2003). Studies on information as an asset II: Repertory grid. *Journal of Information Science*. 419-432.
- [3] Oppenheim, C.; Stenson, J.; Wilson, R. M. S. (2004). Studies on information as an asset III: View of information professional. *Journal of Information Science*.
- [4] Cohen, M. F. (2002). Algunos aspectos del uso de la información en la economía de la información. *Ciencia de la Información* 26-36.
- [5] Widen-Wulff, G. & Ginman, M. (2004). Explaining knowledge sharing in organizations through the dimensions of social capital. *Journal of Information Science*, 30(5), 448-458.
- [6] Archair, P. & Pani, A. (2008). Information management. In Sahu, Ashok K., ed. *Information management in new millen - nium: opportunities and challenges for li - brary professionals*. New Delhi: Ess
- [7] Kirk, J. (1999). Information in organizations: directions for information management. *Information Research*, 4(3) Fecha de recuperación 15 Mayo, 2010. Disponible en <http://informationr.net/ir/4-3/paper57.html>.
- [8] Almeida Moraes, Giseli D. & Escrivao Filho, E. (2006). La gestión de la información ante las especificidades de las pequeñas empresas. *La ciencia de la información*
- [9] Liao, S. S., He, J. W., & Tang, T. H. (2004). A framework for context information management. *Journal of Information Science*,
- [10] Bergeron, P. (1997). A qualitative case study approach to examine information resources management. *Canadian Journal of Information and Library Science*.
- [11] Aja Quiroga, L. (2002). Gestión de información, gestión del conocimiento y gestión de la calidad en las organizaciones. ACIMED.
- [12] Alvira, Francisco (2004), *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- [13] De Leeuw, Edith, Joop Hox y Don Dillman, (2008), *International handbook of survey methodology*, London: Routledge Academic
- [14] Fowler, Floyd J. (2002), *Survey research methods*. Third Edition. London: Sage.
- [15] Martínez, Valentín (1999): "Diseño de encuestas de opinión: barómetro CIS", *Questió*, vol.23:2, pp. 343-362.
- [16] Brealey R. A., Myers S. C., 1993 "Fundamentos de Financiación Empresarial", Cuarta edición, McGraw Hill, España.
- [17] Brealey R., 1995 *Fundamentos de Financiación Empresarial/ R Brealey, S. Myers-EE.UU.:* Mc Graw, Hill. -1075p
- [18] Celso Martínez Musiño. El valor de la información, su administración y alcance en las organizaciones. *Revista Mexicana de Ciencias de la Información* Publicación de la Escuela de Ciencias de la Información. UASLP Vol. 1. Núm. 2.

# DESARROLLO EXPORTADOR DEL SECTOR PYME DEL PARTIDO DE LA MATANZA

\*Serra, Diego <sup>(1)</sup>; Rodríguez, María Soledad <sup>(2)</sup>; Novellino, Hilda <sup>(3)</sup>; Bertoglio, Carla <sup>(4)</sup>; Potenzoni, Micaela <sup>(5)</sup>; Busto, Lourdes <sup>(6)</sup>

*Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Complejo Universitario – Av. Juan XXIII y Camino de Cintura – Lomas de Zamora (1832). [i4@ingenieria.unlz.edu.ar](mailto:i4@ingenieria.unlz.edu.ar) / <http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/i4> (1) [diego.g.serra@gmail.com](mailto:diego.g.serra@gmail.com) (2) [solerodriguezbianchi@gmail.com](mailto:solerodriguezbianchi@gmail.com) (3) [novellinohilda@gmail.com](mailto:novellinohilda@gmail.com) (4) [car.bertoglio@gmail.com](mailto:car.bertoglio@gmail.com) (5) [mica.potenzoni@gmail.com](mailto:mica.potenzoni@gmail.com) (6) [lourdesbusto@hotmail.com](mailto:lourdesbusto@hotmail.com)*

## RESUMEN

La contribución del sector PyME al desarrollo exportador de un país o región ha ocupado un rol clave en tanto que los estudios en materia de comercio exterior y promoción de exportaciones vinculan el desarrollo exportador de un país con el crecimiento económico. El sector PyME constituye un factor fundamental para promoverlo al desarrollar habilidades exportadoras y un compromiso sostenido con la internacionalización. Su desafío radica no sólo en la inserción, sino también en su permanencia en el mercado externo, favoreciendo la diversificación de la canasta exportadora y fomentando la apertura de nuevos mercados de destino.

En este sentido, es importante medir el desempeño exportador de un país o región, no sólo en términos de la evolución de las exportaciones para determinado período, sino también en función de la diversificación de los mercados de destino, los productos exportados y el número de firmas exportadoras existentes.

En el caso del sector PyME del Partido de La Matanza, cuya estructura exportadora se encuentra altamente concentrada en lo que respecta a rubros, empresas y destinos de exportación, se analizará su desempeño exportador en función de los datos recabados durante el período 2009-2014. Asimismo, se examinará el dinamismo de los mercados internacionales para los principales productos de exportación y los mercados en donde la participación de las exportaciones es significativa. Esto permitirá identificar los principales desafíos de la región a la hora de fomentar el crecimiento y la diversificación de las exportaciones para la promoción de su desarrollo económico, así como también las oportunidades de desarrollo exportador, tanto en función de la estructura de su oferta exportadora, como del dinamismo de los mercados internacionales.

Palabras claves: PyMEs, Exportaciones, Desempeño

## ABSTRACT

The contribution of the SME sector to the export development of La Matanza region has played a key role since the studies on foreign trade and promotion of exports link country export development with economic growth. Promotion of SME sector is key since this sector can develop export skills and a sustained commitment to internationalization. Its challenge lies not only in the insertion, but also in its permanence in the international market, promoting diversification of export basket and encouraging the opening of new export markets.

It is important to measure the export performance of a country or region not only in terms of the evolution of exports for a given period but also based on the diversification of the markets of destination, the products exported and the number of existing exporting company.

In the case of the La Matanza's SME, whose export structure is highly concentrated in terms of export products, companies and destinations, its performance will be analyzed based on the data collected during the 2009-2014 period. Likewise, the dynamism of international markets will be examined for the main export products and markets where the share of exports is significant. This will make it possible to identify the region's main challenges when it comes to promoting the growth and diversification of exports for the promotion of their economic development, as well as the opportunities for export development, both in terms of the structure of their export offer and of the dynamism of international markets.



## 1. INTRODUCCIÓN

La contribución del sector PyME al desarrollo exportador de un país o región ha ocupado un rol clave en la bibliografía existente en la medida en que los estudios en materia de comercio exterior y promoción de exportaciones vinculan desarrollo exportador con crecimiento económico. El desarrollo del sector exportador de un país contribuye a la diversificación de las exportaciones y, con ello, al crecimiento de la economía en su conjunto, siendo el sector Pyme un factor clave para promover este crecimiento [1].

En este sentido, es importante medir el desempeño exportador de un país o región no sólo en términos de la evolución de las exportaciones para determinado período, sino también en función de la diversificación de los mercados de destino, los productos exportados y el número de firmas exportadoras existentes. En última instancia, el crecimiento de las exportaciones *per se* no sería indicador suficiente de la diversificación de la estructura de las exportaciones. El desarrollo de las mismas en términos exclusivamente de crecimiento en el volumen exportado podría llevar a una dependencia de un pequeño grupo de grandes empresas que exportan o un número limitado de productos o destinos de exportación, exponiendo al país o región al impacto de las fluctuaciones internacionales.

Es aquí donde el papel del sector PyME en el dinamismo de las exportaciones juega un rol clave, en la medida en que dichas empresas puedan desarrollar habilidades exportadoras y un compromiso sostenido con la internacionalización, contribuyendo a la diversificación de la canasta exportadora, así como también a una efectiva inserción en los mercados internacionales. Para estas pequeñas y medianas empresas el desafío consiste no sólo en la efectiva inserción internacional, sino en la permanencia en los mercados externos, la cual en última instancia favorece el desarrollo de nuevos productos como parte de la canasta exportadora, como también la apertura de nuevos mercados de destino [2].

El presente estudio analizará el caso del sector PyME del Partido de La Matanza en base a los datos recabados durante el período 2009-2014 en la herramienta Nosis de estadísticas de comercio internacional, considerando las exportaciones de una muestra de 193 Pymes exportadoras de la región [3]. Los indicadores que serán utilizados para medir la performance exportadora del mencionado sector comprenden: 1) diversificación de firmas exportadoras; 2) diversificación de mercados de destino; 3) diversificación de productos exportados; 4) consolidación y permanencia en el mercado internacional y 5) evolución de las exportaciones. Este estudio se complementará con el análisis del dinamismo de los mercados internacionales para los principales productos de exportación de la región y los mercados en donde la participación de las exportaciones del Partido es significativa, completando de esta manera el análisis desde la perspectiva de la demanda en los mercados internacionales.

Dicho análisis nos permitirá evaluar el desempeño exportador del sector PyME de la zona en cuestión, en términos de evolución de las exportaciones, como también de su composición, destinos de exportación y empresas que participan y permanecen en los mercados internacionales, a fin de identificar los principales desafíos de la región a la hora no sólo de fomentar el crecimiento, sino la diversificación de las exportaciones del partido con el fin de promover su desarrollo económico. Este análisis posibilitará, por último, identificar las oportunidades de desarrollo exportador de la región.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se ha analizado una muestra aleatoria de 193 PyMEs exportadoras del Partido de La Matanza y sus exportaciones registradas en la herramienta Nosis de estadísticas de comercio internacional durante el período 2009-2014, a la luz de los siguientes indicadores de performance exportadora [4]:

**2.1) Diversificación de firmas exportadoras:** medido en términos de la relación entre la cantidad de firmas exportadoras de la muestra y el volumen exportado (FOB) en dólares por empresa para el período analizado. Para el desarrollo de este indicador se utilizó la herramienta de análisis de Pareto con el fin de determinar la concentración de las exportaciones por empresa de la muestra, los rubros industriales más exportadores y el impacto de cada rubro industrial en el total de exportaciones relacionándolo con la cantidad de empresas pertenecientes a cada sector.

**2.2) Diversificación de mercados de destino:** medido en términos de la cantidad de destinos de exportación para las empresas de la muestra durante el período analizado. A tal efecto, se

agruparon los países destino de las exportaciones del Partido de La Matanza por continente o región en función de los valores FOB en dólares estadounidenses exportados a dichos países, para determinar su distribución. Posteriormente, se profundizó el análisis en la región más representativa en términos de volúmenes exportados y se realizó el mismo análisis con el fin de determinar los principales destinos de las exportaciones del Partido.

**2.3) Diversificación de productos exportados:** medido en términos de la cantidad de productos que conforman la canasta exportadora de la región. Para el desarrollo de este indicador, se tomó como base la sub-partida arancelaria (6 primeros dígitos de la posición arancelaria) y sus montos totales de exportación en valores FOB en dólares estadounidenses. Se realizó un análisis de las exportaciones por empresa según sub-partida para evaluar el grado de diversificación de la canasta exportadora del Partido en función de la variedad de productos exportados.

**2.4) Consolidación y permanencia en mercados externos:** medido en función de la continuidad o permanencia de las empresas exportadoras de la muestra analizada en los mercados externos. La permanencia de las empresas en la exportación se analizó en base a dos indicadores: en primer lugar, se evaluó qué porcentaje del total de las empresas se mantuvo exportando a lo largo de todo el período 2009-2014 y qué porcentaje lo hizo de forma discontinua, o hasta un determinado momento del período bajo análisis luego del cual interrumpen su actividad exportadora; posteriormente se analizó lo ocurrido durante cada año del período registrado (2009-2014), determinando los años en que se exportaron montos superiores al promedio de cada empresa durante todo el período, y aquellos años en que se exportaron montos inferiores y en los que hubo empresas que no registraron exportaciones, a fin de analizar el impacto de la permanencia de las empresas en los mercados externos en la evolución de las exportaciones de la región.

**2.5) Evolución de las exportaciones:** medido en términos de volúmenes exportados en valores FOB en dólares estadounidenses durante el período 2009-2014. Este indicador permite observar la tendencia general de las exportaciones del Partido de La Matanza a lo largo de todo el período analizado y busca determinar las posibles causas de este comportamiento.

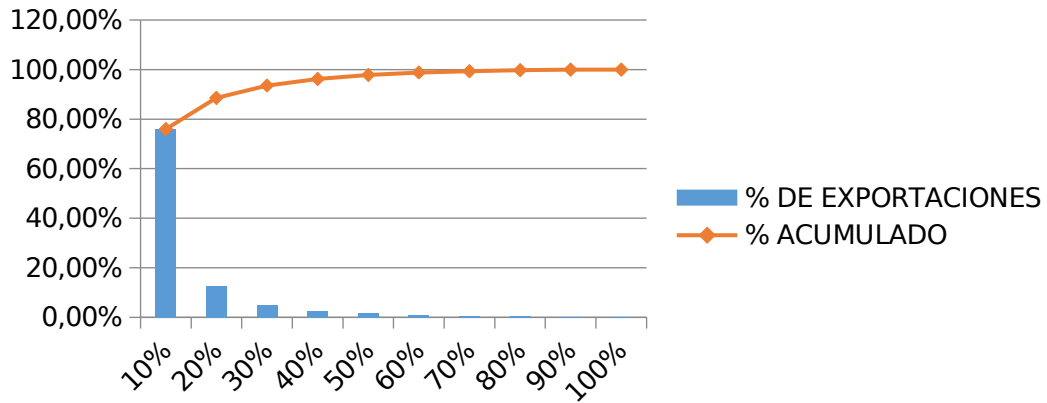
### **3. DESARROLLO**

La metodología desarrollada en el apartado anterior nos permitirá, una vez aplicada al estudio de las exportaciones del sector PyME del Partido, analizar la performance exportadora de la región en términos de los indicadores comprendidos en el mencionado marco de análisis, y con ello, evaluar las características de su inserción en los mercados internacionales, la diversificación de sus exportaciones, y las oportunidades de desarrollo futuro en materia de exportaciones. Analizaremos de esta forma, y a continuación, cada indicador comprendido en la metodología de análisis para el sector.

#### **DIVERSIFICACIÓN DE LAS FIRMAS EXPORTADORAS**

En lo que respecta a la relación entre los volúmenes exportados y el número de firmas exportadoras, podemos afirmar que de la muestra analizada de 193 empresas, si consideramos el total exportado en valores FOB en dólares durante el período 2009-2014, el 76% de las exportaciones está concentrado en el 10% de ellas. Analizando con mayor profundidad, 7 empresas son las responsables de más del 50% de las exportaciones para el período bajo análisis, siendo que una de ellas concentra el 15% del total. A partir de este análisis y tal como se muestra en el gráfico número 1, podemos afirmar que existe una alta concentración de las exportaciones del Partido en un número reducido de empresas exportadoras quienes tienen una gran participación en las exportaciones totales.

## CANTIDAD DE EMPRESAS - TOTAL DE EXPORTACIONES

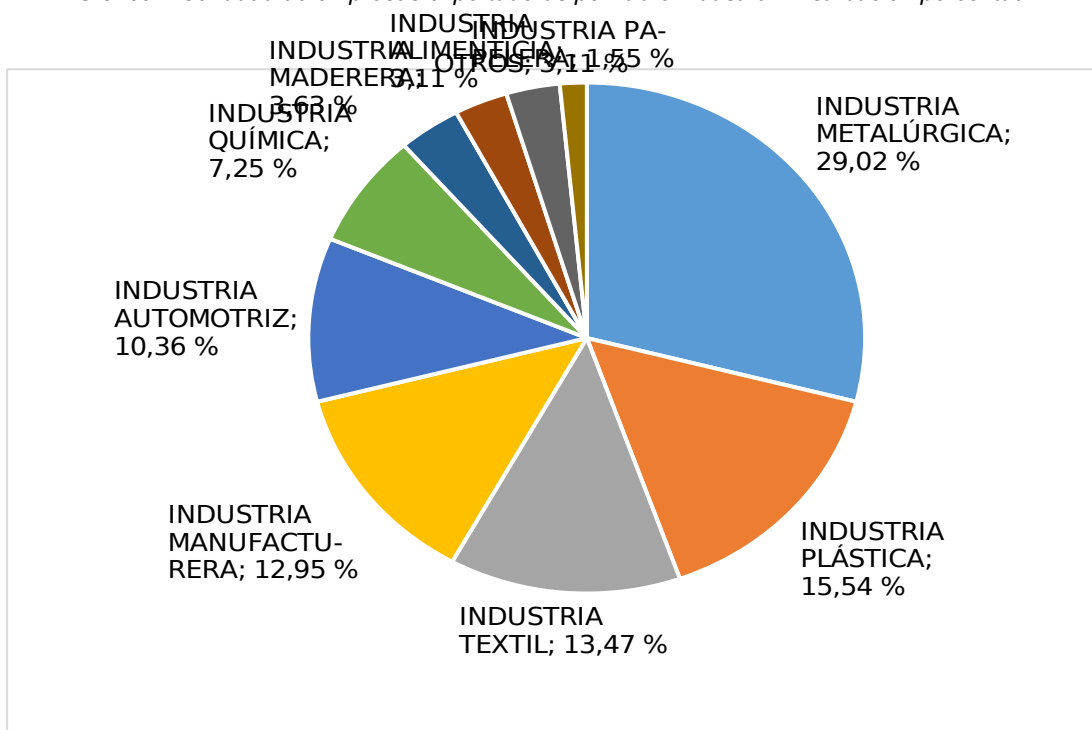


**Cantidad de empresas en %**

*Fuente: Elaboración propia*

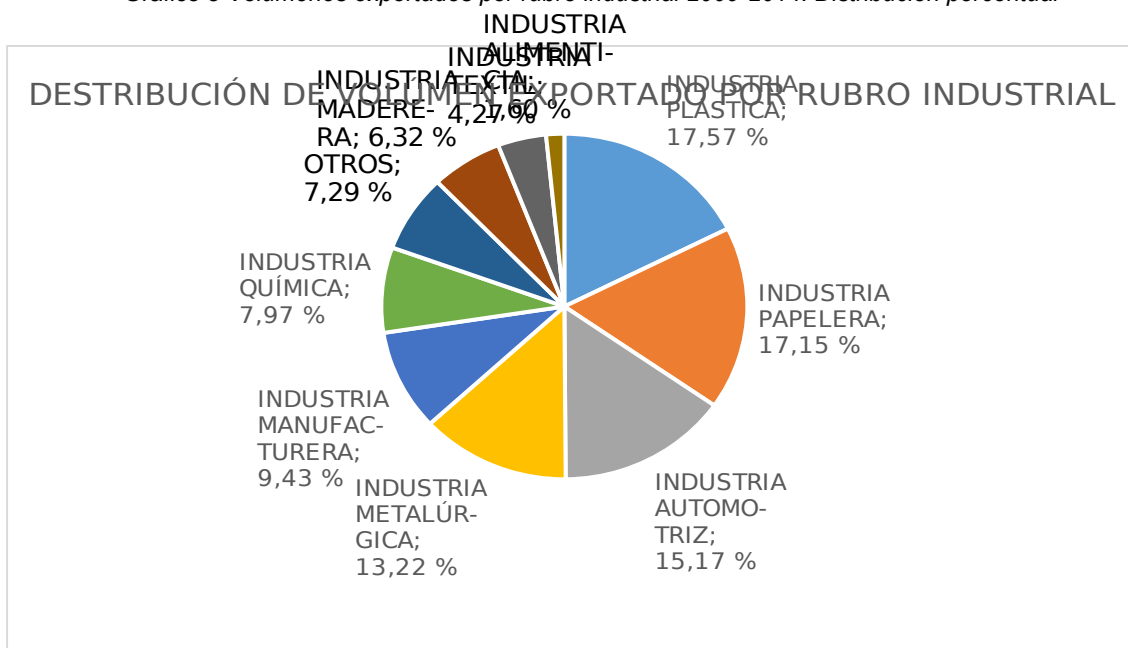
En lo que respecta a rubros de exportación en términos del valor FOB exportado durante el período analizado, las principales actividades identificadas fueron las relacionadas a la industria papelera, plástica, metalúrgica, automotriz, textil y manufacturera. Tal como queda evidenciado en los gráficos número 2 y 3, los rubros de mayor cantidad de empresas exportadoras no son necesariamente los rubros con mayor volumen de exportaciones totales. Esto se debe nuevamente a la gran concentración de exportaciones del partido en muy pocas empresas. La Industria Papelera que es el principal rubro exportador representa sólo el 3% del total de las empresas exportadoras, mientras que los rubros relacionados a la Industria Metalúrgica y la Industria Plástica representan el 29% y 16% del total de las empresas respectivamente. En tercer lugar, se encuentra la Industria textil y la Industria Manufacturera con el 13% cada uno, seguidos por el rubro relacionado a la Industria Automotriz (vinculado a la fabricación de autopartes) quien representa el 10% del total de firmas exportadoras. El restante 19% está compuesto por otros rubros menos representativos. La empresa PAPELERA TUCUMÁN S.A. concentra el 15% del total de las exportaciones del período, y es por este motivo que el rubro del papel lidera las exportaciones de la región.

Gráfico 2 Cantidad de empresas exportadoras por rubro industrial. Distribución porcentual



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 Volúmenes exportados por rubro industrial 2009-2014. Distribución porcentual



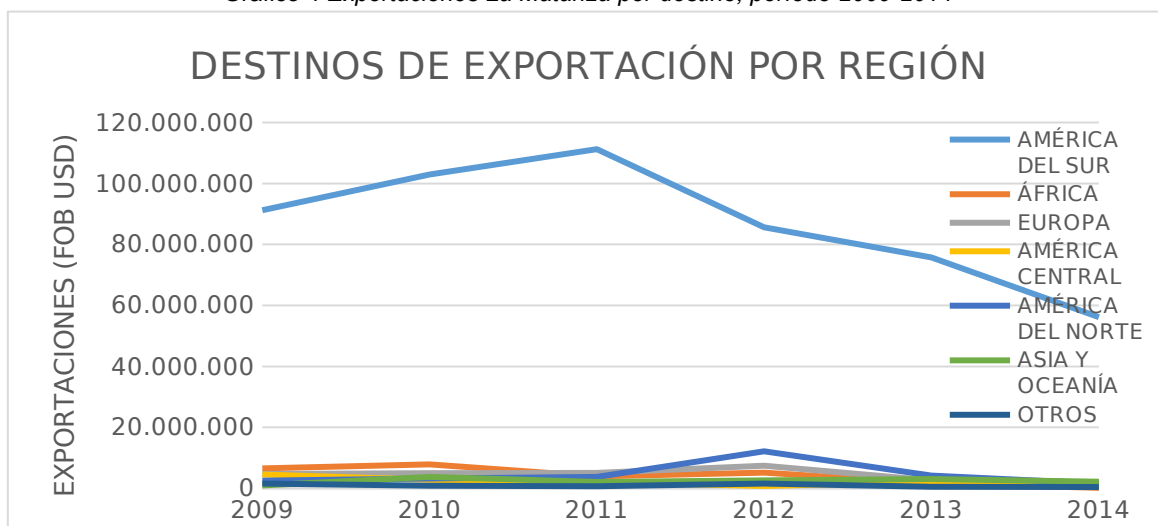
Fuente: Elaboración propia

### DIVERSIFICACIÓN DE DESTINOS DE EXPORTACIÓN

A partir del análisis de los volúmenes exportados por las PyMEs del Partido, y tal como lo demuestra el gráfico número 4, se observó que América del Sur corresponde el principal destino de exportación por amplia diferencia, llegando a representar el 90% de las exportaciones en el 2014, año en el cual se registró el menor monto total de exportaciones de todo el período, y el 75% en el año 2012, donde los destinos de exportación fueron más diversificados. A partir de estos resultados es posible deducir que los volúmenes proporcionalmente mayores exportados hacia América del Sur pueden ser explicados por los menores costos de logística hacia los países vecinos, las barreras que enfrentan las PyMEs a la hora de establecer contactos en los demás continentes del mundo (idioma, diferencias culturales, entre otros) y su bajo poder negociador frente a empresas importadoras de países desarrollados. Finalmente, en términos de las exportaciones totales del sector se observa una tendencia decreciente en cuanto al volumen de

exportaciones en valor FOB a partir del año 2011, observándose este fenómeno con mayor facilidad si hacemos foco en las exportaciones hacia los países de América del Sur. Esta tendencia decreciente intensificó la dependencia de América del Sur como destino de las exportaciones del Partido, llegando a representar el 90% de las exportaciones totales.

Gráfico 4 Exportaciones La Matanza por destino, periodo 2009-2014

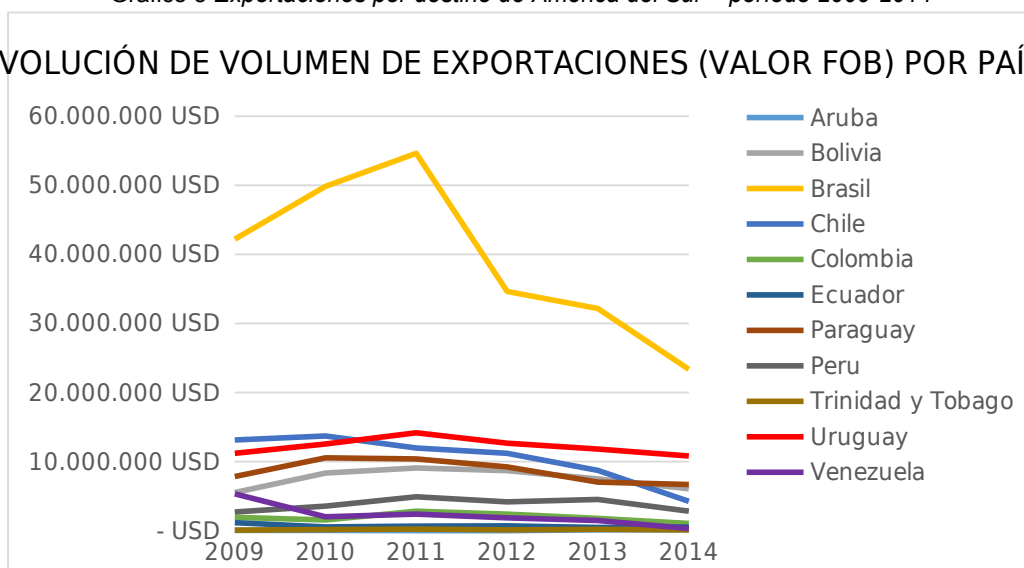


Fuente: Elaboración propia

Analizando particularmente el caso de América del Sur como principal destino de exportación y tal como se muestra en el gráfico número 5, Brasil resulta el principal importador de productos provenientes del Partido de la Matanza. La fuerte caída de las exportaciones a Brasil a partir del año 2011 explica, en gran parte, la caída de las exportaciones totales ya que este es el destino que más relevancia posee, dado el volumen exportado anualmente desde Argentina hacia esta región. Sin embargo, a pesar de la fuerte disminución de las ventas hacia Brasil, éste nunca dejó de representar el primer puesto en cuanto a destinos de exportación. El segundo lugar se disputa entre Chile y Uruguay, dependiendo el año que se analice.

Gráfico 5 Exportaciones por destino de América del Sur – periodo 2009-2014

### EVOLUCIÓN DE VOLUMEN DE EXPORTACIONES (VALOR FOB) POR PAÍS.



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la importancia de Brasil en el comercio internacional argentino respecto a la preponderancia del resto del mundo se resalta nuevamente la dependencia que presenta el Partido de La Matanza respecto a este país que concentra entre el 30% y el 43% de las exportaciones provenientes de las PyMEs del partido en cuestión, tal como lo demuestra la siguiente Tabla.

Tabla 1 Distribución de los volúmenes anuales exportados. Brasil vs. Resto del mundo

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>RESTO DEL MUNDO</b>	62,34 %	60,50 %	57,55 %	69,97 %	64,12 %	62,62 %
<b>BRASIL</b>	37,66 %	39,50 %	42,45 %	30,03 %	35,88 %	37,38 %

Fuente: Elaboración propia

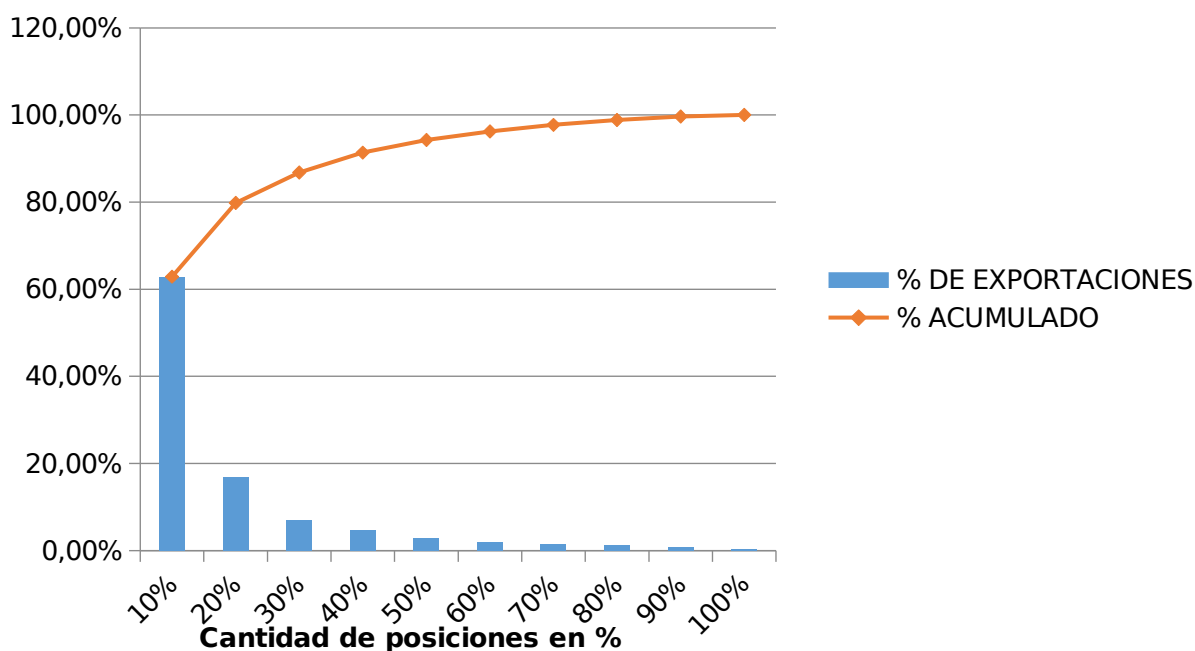
### DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS EXPORTADOS

Al analizar la diversificación de los productos exportados por las PyMEs del Partido de La Matanza, medido como la cantidad de productos que conforman la canasta exportadora de la región, encontramos que al igual que en el caso de la cantidad de empresas que exportan, existe un alto grado de concentración en lo que respecta a los productos exportados. De tal forma, podemos afirmar que la canasta exportadora de la región se concentra en una escasa cantidad de productos (10% del total de las sub-partidas arancelarias exportadas) cuyo volumen representa el 60% de las exportaciones totales para el período analizado.

Al comparar los montos de exportaciones en valores FOB USD de cada sub-partida arancelaria se obtiene que la gran concentración de productos coincide con los rubros de las empresas que absorben la mayor cantidad de exportaciones.

Gráfico 6 Exportaciones totales por sub-partida arancelarias 2009-2014

### CANTIDAD DE POSICIONES - TOTAL DE EXPORTACIONES



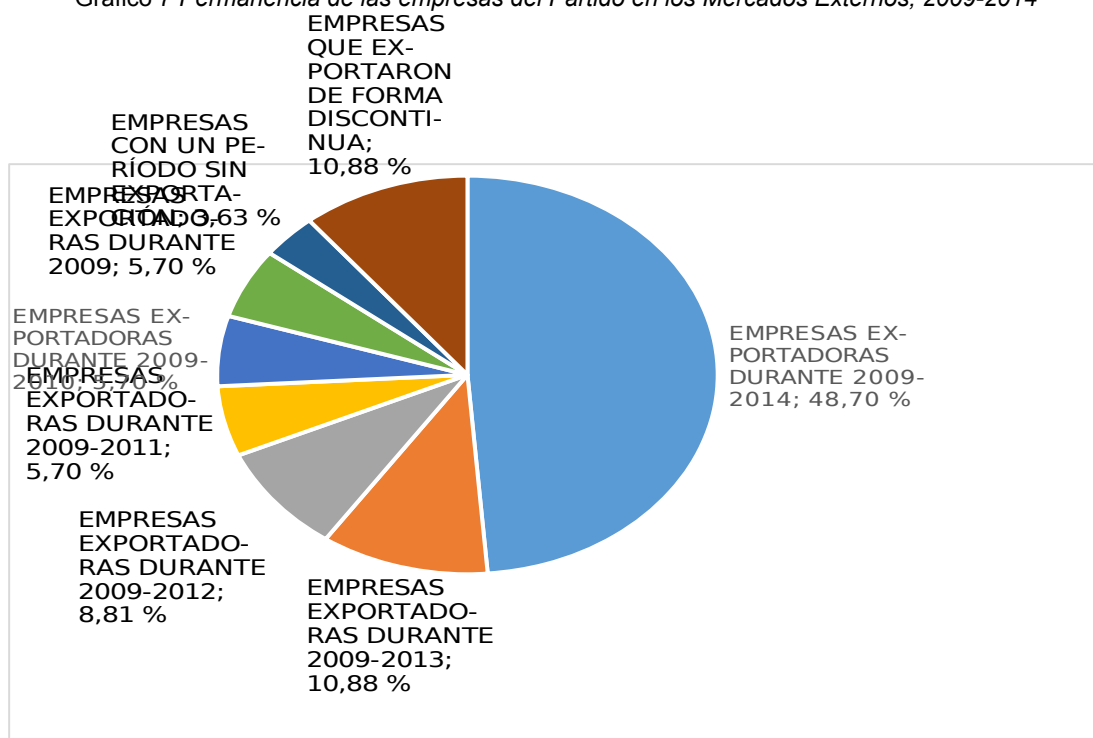
Fuente: Elaboración propia

### CONSOLIDACIÓN Y PERMANENCIA EN MERCADOS EXTERNOS

El presente indicador intenta medir la continuidad o permanencia de las empresas exportadoras de la muestra analizada en los mercados externos, bajo el supuesto de que la continuidad en la exportación contribuye al desarrollo exportador de las firmas tanto la diversificación de productos y mercados de destino al favorecer la introducción de nuevos productos y el desarrollo de nuevos mercados, fortaleciendo las capacidades exportadoras de las firmas [5]. En este sentido, y a partir de la información relevada, se han podido obtener algunas conclusiones respecto a la permanencia de las empresas del Partido en la exportación, tal como demuestra el gráfico 7:

- El 48,7% de las empresas se mantuvo exportando en todo el período analizado de forma continua. En términos generales, aunque la mayoría de estas empresas registro caídas importantes en los montos exportados se observaron exportaciones en todos los períodos (años).
- El 10,88% de las empresas se mantuvo exportando continuamente hasta el año 2013. No registraron exportaciones en el año 2014.
- El 8,81% de las empresas exportaron de forma continua hasta el año 2012. No registraron exportaciones durante los años 2013-2014.
- El 5,70% de las empresas sólo exportaron durante el período 2009-2011. A partir del año 2012, no volvieron a llevar sus productos a los mercados externos.
- El 5,70% de las empresas sólo exportaron durante el año 2009-2010.
- El 5,70% de las empresas sólo exportaron durante el año 2009.
- El 14,51% de las empresas no lograron consolidarse en los mercados externos ya que exportaban lotes esporádicos correspondientes a excedentes de producción o por una necesidad económica, sin lograr una cultura exportadora. En este sector hay un 3,63% de las empresas que registraron exportaciones salvo por un período en el que no lo hicieron; y el 10,88% restante que sólo exportaron en algunos períodos aislados.

Gráfico 7 Permanencia de las empresas del Partido en los Mercados Externos, 2009-2014

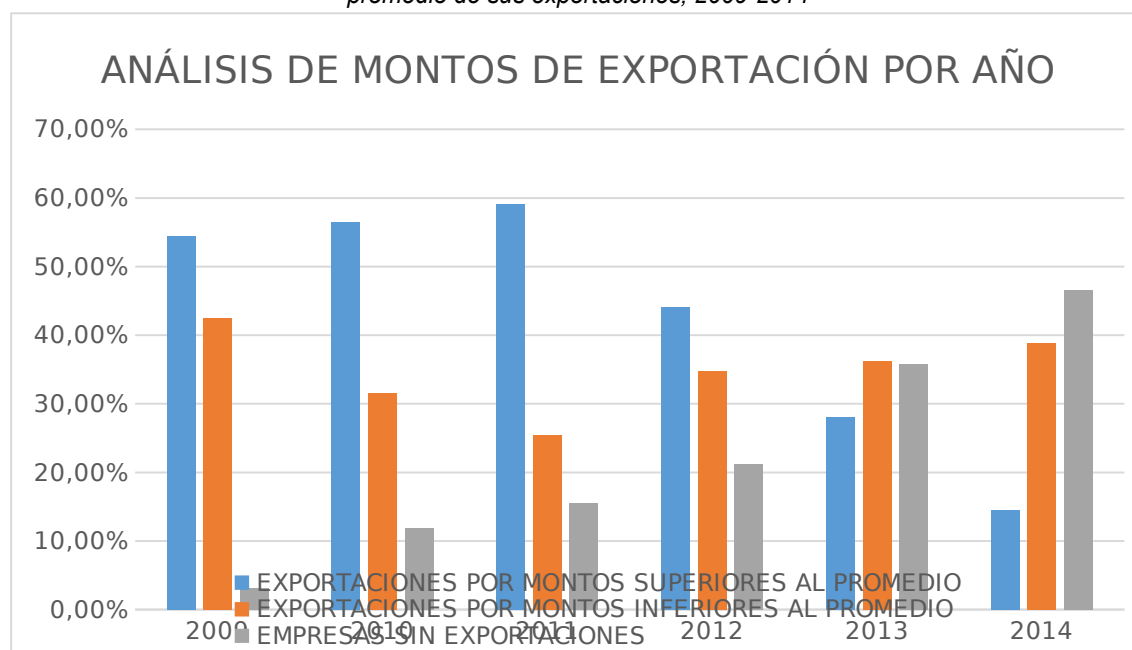


Fuente: Elaboración propia

Si analizamos los volúmenes exportados por estas empresas durante el período 2009-2014 respecto del promedio de sus exportaciones, podemos afirmar que tal como se muestra en el gráfico 8:

- Durante el período 2009-2011, la mayoría de las empresas exportaban montos superiores a su promedio.
- El año 2009 es el que registró la mayor cantidad de empresas con exportaciones, con sólo un 3% de excepción. A medida que pasaron los años fue aumentando la cantidad de empresas que no registraron exportaciones, hasta llegar al máximo en el año 2014 con un 46% de empresas sin exportaciones (la evolución refleja un 97% de empresas exportadoras en 2009, mientras que sólo el 54% de las empresas de la muestra exportaron en 2014).
- A partir del año 2012, las empresas exportaban primordialmente montos inferiores al promedio y un gran porcentaje dejó de exportar.

Gráfico 8 Porcentaje de empresas con montos de exportación anuales superiores, igual o inferiores al promedio de sus exportaciones, 2009-2014



Fuente: Elaboración propia

## EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES

Analizando los montos totales de exportación en el período 2009-2014 de las PyMEs, es posible concluir que las empresas presentaron una tendencia creciente en cuanto a volúmenes de exportación hasta el año 2011, luego del cual presentaron importantes caídas respecto a los años anteriores y muchas de las PyMEs exportadoras dejaron de exportar.

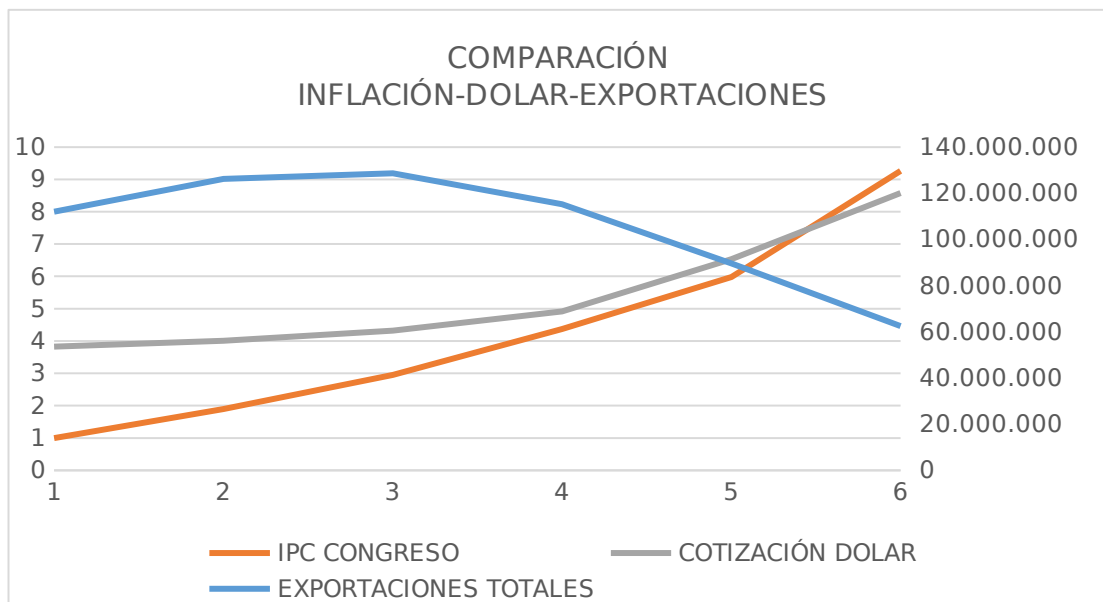
Una de las causas que pueden explicar este comportamiento es la evolución del tipo de cambio y la inflación en el país. Para que las condiciones económicas del contexto se mantengan estables al momento de exportar, se debe esperar que la curva del Índice de Precios del Consumidor (IPC Congreso) que mide la variación de precios de los bienes y servicios representativos del gasto de consumo de los hogares residentes en la Argentina en comparación con los precios vigentes en el año base y la curva de la cotización del dólar tengan una pendiente prácticamente igual.

A partir de la información proporcionada por el gráfico número 9, es posible observar que durante el período 2009-2011 se mantiene una cierta estabilidad entre ambas curvas. Sin embargo, desde el año 2012 la curva de inflación aumenta, mientras que la cotización del dólar no lo hace en igual proporción, con lo cual se ha ido generando un retraso cambiario. El alza de precios en el país hace que sea más conveniente vender en el mercado local que acudir a mercados externos ya que el tipo de cambio no es conveniente. Por otro lado, la inflación también quita competitividad a las empresas en los mercados externos ya que sus costos aumentan y no les es tan fácil competir por precios en el mercado internacional.

Este factor explicativo puede ser una de las causales de la tendencia decreciente que se presenta desde el año 2012 en adelante en las exportaciones del Partido de La Matanza, aunque también se deben tener en cuenta otras variables como crisis económicas en el país vecino, la baja de la demanda del principal socio comercial, entre otras.

Gráfico 9 Relación entre la variación del IPC Congreso y el tipo de Cambio





Fuente: Elaboración propia

Analizando la evolución de cada rubro a lo largo de todo el período 2009-2014, tal como lo demuestra el gráfico número 10, se destacó una tendencia general decreciente en todos los rubros, obteniendo al final del período montos de exportación muy inferiores a los que se registraron en el 2009. Sólo se pudo destacar como pico aislado que difiere de la tendencia general al alza que tuvo la Industria Automotriz en el año 2012, aunque posteriormente no pudo sostenerse en el tiempo.

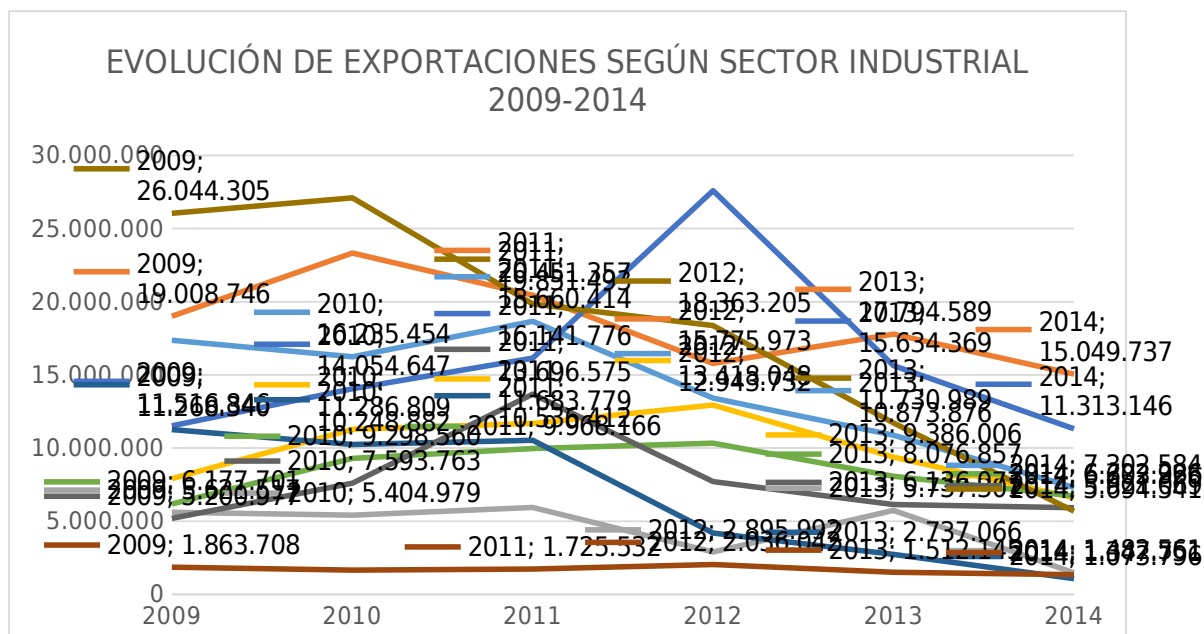


Gráfico 10 Evolución de las exportaciones por rubro industrial  
Fuente: Elaboración propia

#### 4. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo hemos intentado analizar la performance exportadora del sector PyME del Partido de La Matanza durante el período 2009-2014. A tal fin, hemos construido un marco de análisis comprendido por una serie de indicadores que han dado cuenta del desarrollo exportador de la región, a saber: 1) diversificación de firmas exportadora; 2) diversificación de mercados de destino; 3) diversificación de productos exportados; 4) consolidación y permanencia en mercados externos y 5) evolución de las exportaciones.

Sobre la base de una muestra de 193 empresas exportadoras del Partido de La Matanza, y con la información estadística recabada en la herramienta Nosis para el período 2009-2014, a partir de la aplicación del marco analítico desarrollado en el presente trabajo, podemos concluir que las exportaciones del Partido se encuentran concentradas en un escaso número de firmas que representan un alto porcentaje de las exportaciones totales. Esta concentración a nivel firma se refleja asimismo en la alta concentración de las exportaciones en unos pocos rubros de exportación y sub partidas arancelarias (productos exportados). Por último, comprobamos una gran dependencia de América del Sur, en especial Brasil, como principal destino de sus exportaciones.

En lo que respecta a la permanencia de las empresas en los mercados externos, podemos afirmar que sólo cerca de la mitad de las firmas se mantuvo exportando de forma continuada durante el período analizado. El resto lo hizo de forma ininterrumpida hasta determinado año en el que se retiró del mercado internacional o de forma esporádica durante algunos años del período. Esta salida de las empresas del mercado se ve reflejada en la caída de las exportaciones totales evidenciada desde el año 2011 en adelante, lo cual entre otros factores, puede haber estado influido por una caída en la demanda internacional producto de la fuerte dependencia de los países vecinos como principal destino de las exportaciones de La Matanza.

Este último punto introduce el factor del dinamismo de la demanda en función del porcentaje del total de importaciones mundiales que representan los principales mercados de destino de exportación para las partidas arancelarias exportadas por las PyMEs del Partido. Tal como podemos observar en la tabla número 2, si consideramos las primeras cinco sub partidas arancelarias en función de los montos exportados para el total del período (que representan un 35% de las exportaciones totales) podemos observar que en ningún caso América del Sur representa un mercado dinámico en función de su demanda mundial. Si bien pueden encontrarse segmentos de nicho, los mercados con mayor demanda a nivel mundial comprenden Estados Unidos, Canadá, China, Japón, Corea, India, Rusia y algunos mercados europeos, dependiendo del producto que se trate.

Tabla 2 Países importadores de principales subpartidas arancelarias

SUBPARTIDA A	DESCRIPCIÓN	PRINCIPALES IMPORTADORES 2014
480257	PAPEL Y CARTÓN, SIN ESTUCAR NI RECUBRIR, DE LOS TIPOS UTILIZADOS PARA ESCRIBIR, IMPRIMIR U OTROS FINES -Los demás papeles y cartones, sin fibras obtenidas por procedimiento mecánico o químico- mecánico --Los demás, de peso superior o igual a 40 g/m2 pero inferior o igual a 150 g/m2	Estados Unidos, Alemania Reino Unido, Francia, Singapur, Italia, Turquía
850440	Transformadores eléctricos, convertidores eléctricos estáticos (por ejemplo, rectificadores) y bobinas -Convertidores estáticos	Estados Unidos, China Hong Kong, Alemania, México, Japón, Países Bajos
681182	MANUFACTURAS DE AMIANTOCEMENTO, CELULOSACEMENTO O SIMILARES. -Que no contengan amianto (asbesto): --Las demás placas, paneles, losetas, tejas y artículos similares	Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Francia, Dinamarca, Taipéi, Filipinas
903180	INSTRUMENTOS, APARATOS Y MÁQUINAS PARA MEDIDA O CONTROL, NO EXPRESADOS NI COMPRENDIDOS EN OTRA PARTE -Los demás instrumentos, aparatos y máquinas	China, Estados Unidos, Alemania, Corea, Japón, Taipéi, México
381600	CEMENTOS, MORTEROS, HORMIGONES Y PREPARACIONES SIMILARES, REFRACTARIOS, EXCEPTO LOS PRODUCTOS DE LA PARTIDA	Rusia, India, Alemania Austria, Francia, Canadá Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de Trademap (ITC)

Finalmente y, en cuanto a los principales desafíos de la región para promover su desarrollo exportador, podemos mencionar que la diversificación en cuanto a firmas exportadoras, productos exportados y mercados de destino es clave para una efectiva inserción internacional con menor dependencia de la demanda de los países vecinos cuyos ciclos económicos suelen estar muy ligados a los de nuestro país. Para ello, es importante el desarrollo de capacidades exportadoras en las PyMEs de la región, así como el apoyo del sector público y privado para que puedan garantizar su permanencia en los mercados externos a lo largo del tiempo. Dicha permanencia será la que a su vez fortalezca la performance exportadora de las firmas, favoreciendo la introducción de nuevos productos en la canasta exportadora y el desarrollo de nuevos mercados.

## REFERENCIAS

- [1] Agosín, M. (2007). *Export Diversification and Growth in Emerging Economies*. Santiago: Universidad de Chile. Documento de Trabajo 233.
- [2] Álvarez R. E. (2004). *Desempeño Exportador de las empresas chilenas: algunos hechos estilizados* Revista de la CEPAL 83, Agosto.
- [3] Serra, Diego; Rodríguez, Soledad; Novellino, Hilda; Boychenko, Darina; Pennella, Carla e Incaugarat, Nadia. *Caracterización del perfil exportador de las pymes industriales del partido de La Matanza*. VIII° Congreso Argentino de Ingeniería Industrial - COINI 2015 ISBN978-987-1896-50. Disponible en [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2015/trabajos/B020\\_COINI2015.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2015/trabajos/B020_COINI2015.pdf)
- [4] French Davis, R. (2002). *El impacto de las exportaciones sobre el crecimiento de Chile*. Revista de la CEPAL. N° 76.
- [5] Serra, Diego; Rodríguez, Soledad; Novellino, Hilda; Boychenko, Darina; Pennella, Carla e Incaugarat, Nadia. *Instrumentos de Promoción de Exportaciones y su adaptación a las necesidades de las Pymes exportadoras y de La Matanza*. IX° Congreso Argentino de Ingeniería Industrial - COINI 2016 ISBN 978-987-1896-74-5. Disponible en [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2016/trabajos/D001\\_COINI2016.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2016/trabajos/D001_COINI2016.pdf).

## LINKS CONSULTADOS

Cotización Dólar histórico:

[https://www.cotizacion-dolar.com.ar/cotizaciones\\_dolar\\_historico.php](https://www.cotizacion-dolar.com.ar/cotizaciones_dolar_historico.php)

Diario Ámbito:

[http://www.ambito.com/diario/economia/banco-de-datos/bd\\_eco\\_inflaci%C3%B3n\\_congreso.asp](http://www.ambito.com/diario/economia/banco-de-datos/bd_eco_inflaci%C3%B3n_congreso.asp)

International Trade Centre (ITC), Trade statistics for international business development (Trademap): <https://www.trademap.org>

Nosis, Estadísticas de Comercio Internacional: <https://www.nosis.com/es>

# Proyectos de inversión bajo el enfoque de procesos

Andía, Walter

*Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Calle German Amezaga N°375 - Lima, Perú*

*wandiav@unmsm.edu.pe*

## RESUMEN

Por el nivel de importancia en el desarrollo industrial, los proyectos de inversión son las herramientas básicas para la toma de decisiones sustentadas en un análisis comercial, técnico, ambiental y económico. Por tanto, la ingeniería industrial está involucrada en su estudio por la naturaleza misma de su especialidad.

El presente trabajo desarrolla un análisis de la definición de proyectos de inversión desde las perspectivas del sujeto, método y el objeto de intervención. Resultado de ello, se ha encontrado que la mayor parte de las definiciones se enmarcan en el método o forma de intervención.

En las organizaciones en marcha que requieren inversiones se hace necesario determinar los cambios a generar, por lo que la definición de proyectos de inversión debe hacer énfasis en el objeto de intervención; comúnmente sistemas organizados e integrados por procesos; es así que se describe y fundamenta una nueva definición de proyectos de inversión bajo el enfoque de procesos como principal aporte del trabajo de investigación.

**Palabras claves:** Proyectos de inversión, procesos.

## ABSTRACT

Due to the level of importance in industrial development, investment projects are the basic tools for making decisions based on a commercial, technical, environmental and economic analysis. Therefore, industrial engineering is involved in its study by the very nature of its specialty.

The present work develops an analysis of the definition of investment projects from the perspective of the subject, method and object of intervention. As a result, it has been found that most of the definitions are framed in the method or form of intervention.

In ongoing organizations that require investments, it is necessary to determine the changes to be generated, so the definition of investment projects must emphasize the object of intervention; Commonly systems organized and integrated by processes; This is how a new definition of investment projects is described and based on the process approach as the main contribution of the research work.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los proyectos de inversión en la etapa de preinversión siempre se ha realizado desde una perspectiva de generación de nuevos negocios, funcional en sus aspectos técnicos y financiera en su análisis económico; ello limita su aplicación a situaciones de mejora de eficiencia de uso de recursos y ampliación de servicios cuando las organizaciones están en marcha; ya sea del sector privado como el público.

Desde de los años setenta los proyectos de inversión tenían el propósito de proponer la producción de algún bien o la prestación de un servicio. Asimismo, los proyectos eran considerados como la unidad elemental en el proceso sistemático de racionalización de decisiones en materia de desarrollo económico y social. [1]

Otra de las dificultades de los proyectos de inversión es su enfoque muy económico, lo cual limita el análisis integral a los sistemas organizacionales desde una visión de optimización y mejora de procedimientos.

Ante esta situación, se hace necesario incorporar el enfoque de procesos en la formulación y evaluación de proyectos, tan necesario en un escenario de dinamismo industrial.

La investigación tiene una justificación teórica debido al aporte conceptual en el campo de los proyectos de inversión; su justificación práctica se sustenta en brindar un marco conceptual que permita abordar de una manera más adecuada las inversiones de organizaciones en funcionamiento.

La presente investigación tiene como objetivo determinar una nueva definición de proyectos de inversión incorporando el enfoque de procesos.

## 2. METODOLOGÍA

La investigación realizada toma como referencia el desarrollo de la asignatura de elaboración y evaluación de proyectos en la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos como parte del análisis conceptual del curso.

El análisis consiste en determinar las distintas definiciones de proyectos de inversión establecidas en la literatura universitaria y determinar su perspectiva a fin de clasificarlas. Posteriormente, se sistematizará la información para determinar su coherencia metodológica con la necesidad actual de las organizaciones. Adicionalmente, se propondrá un marco conceptual y una definición que integre a ambas disciplinas, es decir, los proyectos de inversión y el enfoque de procesos.

El tipo de investigación según su propósito fundamental (Caballero, 2014) es básica o pura, El alcance del estudio de investigación puede ser según Hernández (2014): exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo; el que más se ajusta al presente estudio es el descriptivo, ya que se va presentar bajo un nuevo enfoque la definición de proyectos de inversión.

## 3. MARCO TEÓRICO

Los proyectos de inversión son una herramienta de planificación que permite tomar decisiones sobre la ejecución de recursos de capital; su utilización comúnmente ha sido desarrollada para la generación de nuevos negocios, pero también se aplica para mejorar en distintos aspectos (logística, seguridad y salud ocupacional, producción, entre otros) los negocios existentes con el fin de satisfacer al cliente.

El enfoque de procesos permite a las organizaciones identificar, ordenar y gestionar las actividades que desarrollan con el fin de crear valor para el cliente, para ello integra los procesos en un sistema. La gestión basada en procesos concibe a la organización como un sistema que interrelaciona varios subsistemas que son los procesos que la conforman, esto permite, da la posibilidad de, identificar los procesos y analizarlos para de esta manera poder valorar los que deben ser perfeccionados garantizando una proyección y un desempeño más eficaz y más eficiente. [2]

Tanto los proyectos de inversión y el enfoque de procesos tienen elementos en común, intervención en los sistemas organizacionales con el fin de mejorar los resultados para el cliente.

La relación de los proyectos de inversión y el enfoque de procesos se pueden presentar en tres dimensiones tal como se muestra en la Figura 1:

### 1. Los procesos administrativos del proyecto

Se refiere al conjunto de actividades agrupadas en procesos que permitan obtener el estudio de preinversión, por ejemplo:

- Planeación: Esta es la primera etapa del proceso, en la cual se diseñan los objetivos del proyecto y se elaboran los planes a seguir para que éste se cumpla o se lleve a cabo.
  - Organización: Esta es la segunda etapa del proceso en la cual se divide y asigna el trabajo de las actividades que se definieron en la etapa de planeación.
  - Dirección: Tercera etapa del proceso. Consiste en ejecutar los planes a través de las personas que están a cargo del proyecto.
  - Control: Cuarta y última etapa del proceso, consiste en verificar que los planes se convirtieron en hechos, es decir, que el objetivo de nuestro proyecto se haya cumplido.[3]
2. Los procesos en las metodología de elaboración de proyectos  
Se refiere a la incorporación del enfoque de procesos a la conceptualización y metodologías para la elaboración del estudio de preinversión, ellos pueden presentarse:
- En la definición de proyectos: a fin de describir nuevas situaciones que se presentan en las organizaciones e incorporarlas en el marco conceptual.
  - En la clasificación de proyectos: existen tipologías de intervenciones no previstas en las clasificaciones de proyectos establecidas en la literatura académica.
  - En la evaluación de proyectos: en la etapa de preinversión se requiere la integración de la mejora de procesos y su impacto económico
3. Los procesos en el ámbito de intervención del proyecto  
Son los procesos propiamente del ámbito organizacional que se interviene con el proyecto por ejemplo, para el caso de gestión de residuos peligrosos se tiene los procesos de recepción de residuos, almacenamiento primario, pre-tratamiento, trituración de residuos, incineración y disposición final.

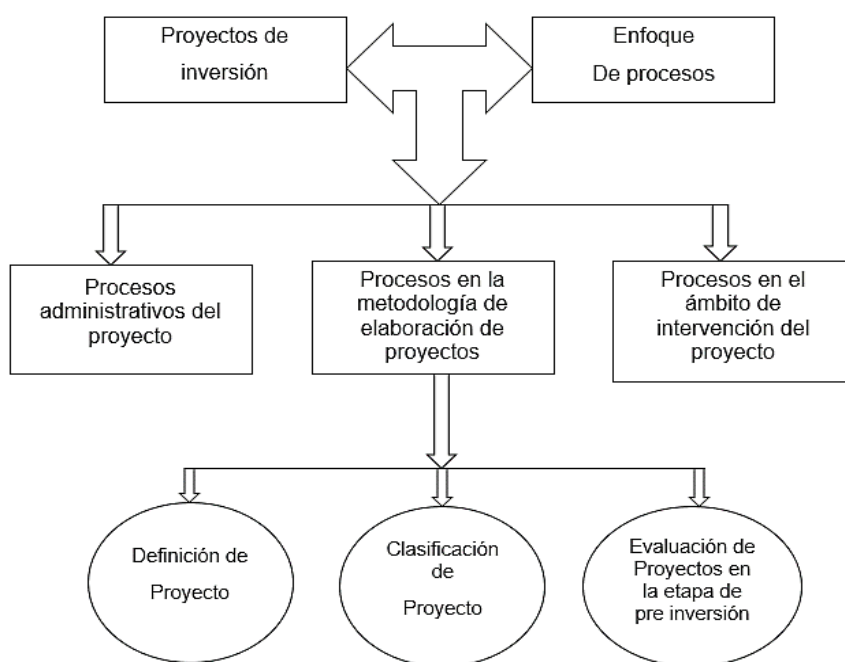


Figura 1 *Proyectos de inversión y enfoque de procesos*

Con el fin de delimitar la investigación se va tratar solamente la definición de proyectos de inversión bajo el enfoque de procesos.

#### Proyectos de inversión

A fin de conocer el alcance de las definiciones de proyectos de inversión que se encuentran en las bibliografías especializadas, se va a describir un conjunto de ellas:

- a. “Es un esfuerzo temporal que en forma gradual permite lograr un resultado único o entregable único”. [4]
- b. “Es un conjunto metódicamente diseñadas de actividades planificadas y relacionadas entre sí, que utiliza recursos para generar resultados concretos, con los cuales apuntan a alcanzar objetivos definidos”. [5]

- c. "Conjunto de actividades que se desarrollan en forma coherente con el propósito de obtener un resultado final como respuesta a una necesidad u oportunidad de negocio en un tiempo determinado y mediante la utilización de recursos".[6]
- d. "Es una planificación que consiste en integrar un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas".[7]
- e. "Es una propuesta de intervención sobre un medio empresarial, en un tiempo determinado, que se sustenta en un conjunto de información y antecedentes, con el cual se estiman los beneficios y los costos resultados de asignar recursos, para el logro de los objetivos empresariales".[8]
- f. "Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchos, una necesidad humana".[9]
- g. "El proyecto es la combinación de recursos humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado, creando un servicio o producto único".[10]

Con el fin de analizar y clasificar las distintas definiciones realizadas a los proyectos de inversión se las va integrar en perspectivas, esquematizada en la Figura 2, ellas son:

- **Perspectiva del sujeto**  
Se refiere al enfoque de la definición de proyectos de inversión desde la persona o personas que realizan el estudio. Aquí se ubica la definición (a) Esfuerzo intelectual que combina un conjunto de disciplinas
- **Perspectiva del método**  
Se refiere al enfoque de la definición de proyectos de inversión desde el punto de vista de los procedimientos a realizar como parte de la intervención. Las definiciones (b), (c), (d) y (g) tienen esta característica.
- **Perspectiva del objeto**  
Se refiere al enfoque de la definición de proyectos de inversión desde el cambio generado en el objeto de intervención, usualmente una organización empresarial. Las definiciones (e) y (f) parcialmente tienen esta característica.

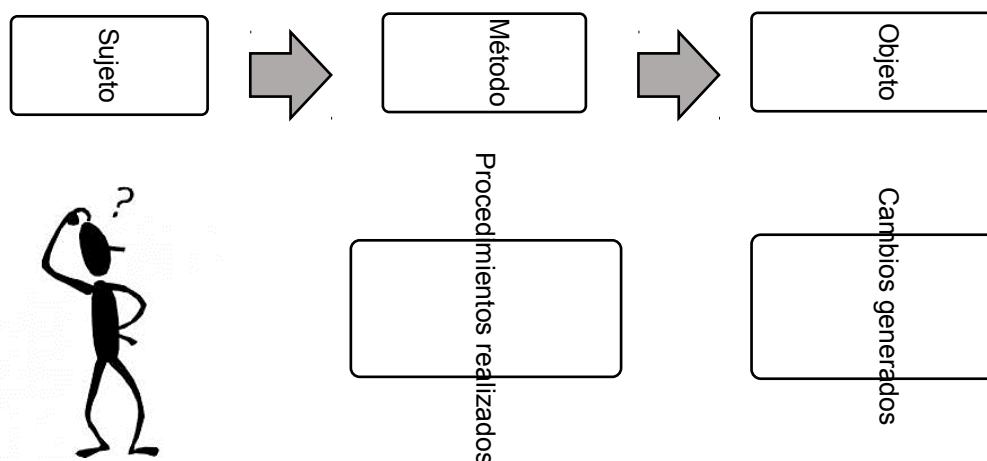


Figura 2 *Perspectivas de la definición de proyectos*

Según lo anterior, la mayor parte de las definiciones sobre proyectos de inversión encajan en la perspectiva de método de intervención, lo cual es correcto pero limitado cuando se desea comprender las características desde el punto de vista de quien elabora el estudio o también, desde el punto de vista de los cambios que se van a generar.

En la presente investigación se va tomar como objeto de investigación esta última, es decir, desde el cambio que se va a generar en el objeto de intervención; por la importancia en el desarrollo conceptual diferente de los proyectos de inversión.

### 3.1 Objeto de intervención en los proyectos

Las organizaciones industriales se pueden representar como un conjunto de procesos que interactúan entre ellas para brindar una serie de productos y/o servicios a ciertos usuarios a partir de un conjunto de insumos y utilización de recursos. Por tanto, los procesos permiten lograr los objetivos de la organización y brindar los servicios que los usuarios requieren.

El proceso es definido como una secuencia (ordenada) de actividades (repetitivas) cuyo producto tiene valor intrínseco para su usuario o cliente. [11]

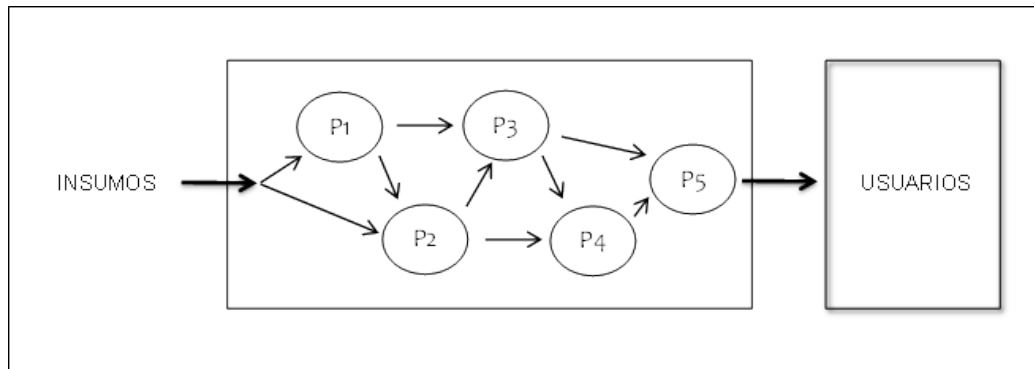


Figura 3 Sistema de Procesos

Los factores que intervienen en un proceso son los siguientes:

1. Las personas
2. Los materiales (insumos)
3. Recursos físicos (maquinarias, equipos, instalaciones, hardware, software)
4. Métodos del procesos (descripción de la forma de utilizar los recursos, quien hace, cuando y como)
5. Medio ambiente (ámbito en que se desarrollan las actividades)

La mejora de procesos implica cambios en cada uno de los factores en forma independiente o combinada, para cumplir con los requisitos de los clientes internos y externos.

El enfoque de procesos tiene las siguientes ventajas:

- Orienta la empresa hacia el cliente y hacia sus objetivos, apoyando el correspondiente cambio cultural.
- En la medida en que se conoce de forma objetiva por qué y para que se hacen las cosas, es posible optimizar y racionalizar el uso de los recursos con criterios de eficacia global versus eficiencia local o departamental.
- Aporta una visión más amplia y global de la Organización (cadena de valor) y de sus relaciones internas. Permite entender la empresa como un proceso que genera clientes satisfechos.
- Contribuye a reducir los costos operativos y de gestión al facilitar la identificación de los costos innecesarios debidos a la mala calidad de las actividades internas (sin valor añadido).
- Facilita la reducción de los tiempos de desarrollo, lanzamiento y fabricación de productos o suministros de servicios. Reduce interfaces.
- Al asignar la responsabilidad clara a una persona, permitirle autoevaluar el resultado de su proceso y hacerla co-responsable de su mejora, el trabajo se vuelve más enriquecedor contribuyendo a potenciar su motivación (*empowerment*).
- En la medida que el enfoque directivo se dirija a los procesos de empresa de amplio alcance, procesos clave, posibilita mejoras de fuerte impacto.
- Y por encima de todo, la Gestión por Procesos proporciona la estructura para que la cooperación exceda las barreras funcionales. Elimina las artificiales barreras organizativas



y departamentales, fomentando el trabajo en equipos interfuncionales e integrando eficazmente a las personas.[11,2]

### 3.2 Nueva definición de proyectos de inversión

Desde el enfoque de procesos se puede definir los proyectos de inversión de la siguiente manera: Es aquella propuesta en el que se interviene en forma temporal e integral los procesos que conforman el sistema organizacional en el componente de activos, cuyo objetivo final es mejorar y/ o ampliar los servicios que brinda el sistema.

A través de las inversiones se puede mejorar los siguientes factores:

1. Las personas, a través de las capacitaciones.
2. Recursos físicos (activos, maquinarias, herramientas, instalaciones, hardware), a través de la construcción, adquisición y mejora de dichos recursos.
3. Métodos de los procesos, para el cambio, mejora y automatización de procesos.
4. Medio ambiente, a fin de mejorar las condiciones ambientales existentes o recuperar áreas degradadas.

Según la definición se tiene las siguientes características:

- a. Es una intervención temporal; ya que los proyectos permiten mejorar las funciones permanentes de la organización.
- b. Interviene en forma integral los procesos; ello permite una visión amplia y completa de determinados ámbitos definidos dentro de la organización y su relación con su entorno.
- c. Sistemas organizacionales, la definición es flexible para organizaciones del sector privado como el público.
- d. Componente de activos; las inversiones tienen la característica de ser gastos de capital y no gasto corriente.
- e. Mejorar y/o ampliar los servicios; pueden aplicarse para los clientes internos como externos a la organización.

La definición anterior permite intervenir en las organizaciones desde el enfoque de proyectos y de los procesos; una necesidad ante las nuevas condiciones en las organizaciones.

## 4. DISCUSIÓN

Resultado de la investigación se puede deducir lo siguiente:

En muchas ocasiones se asocia a los proyectos de inversión solamente a recursos físicos (infraestructura, equipamiento, mobiliario), por lo que al ejecutarlos permitían ampliar la capacidad operativa pero no necesariamente lograban mejorar la calidad del servicio; dicha percepción equivocada de intervención no es propia del sector privado sino también del sector público. Modificar el enfoque de análisis de los proyectos implica una mayor atención a la forma de relación de las actividades que se realizan en los sistemas organizacionales, por ello los procesos se convierten en la base fundamental de la nueva perspectiva de los proyectos de inversión. Este resultado es similar en forma parcial al obtenido en otra dimensión temporal y espacial al presentado por Baca (2006) "Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchos, una necesidad humana" lo que implícitamente se denota que además de recursos físicos se requiere otros aspectos.

Dado el dinamismo de los negocios se requiere que los proyectos de inversión actualmente incluyan un enfoque integral, flexible pero además, detallado en sus aspectos internos que permitan generar valor a sus clientes internos y externos. Este resultado es similar en forma al descrito en otra dimensión temporal y espacial presentado por Pérez (2015) como ventaja del enfoque de procesos "Aporta una visión más amplia y global de la organización (cadena de valor) y de sus relaciones internas. Permite entender la empresa como un proceso que genera clientes satisfechos".

## 5. CONCLUSIONES

Resultado de la investigación se tiene las siguientes conclusiones:

- A fin de enfrentar el dinamismo de los sistemas organizacionales y sus condiciones de mejora se requiere el enfoque de procesos en los proyectos de inversión.
- Conceptualizar el enfoque de procesos dentro de los proyectos de inversión; permite un mejor análisis cuando se presentan inversiones en las organizaciones.
- La definición de proyectos de inversión desde el punto de vista del objeto de intervención, ofrece una perspectiva diferente de entender los cambios generados en los procesos de las organizaciones en sus componentes de activos.
- El enfoque de procesos en los proyectos de inversión permite ampliar los factores usuales de intervención e incluir a los procedimientos establecidos en los procesos de las organizaciones.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ilpes. (1974). *Guía para la presentación de Proyectos*. Lugar de edición. Segunda edición. Siglo Veintiuno editores. México.
- [2] Valdés C. *Enfoque basado en procesos*. [Internet]. 2010 [citado 28 de agosto del 2018] disponible en la URL: <https://www.gestiopolis.com/enfoque-basado-procesos/>
- [3] Hernández, A. *El proceso administrativo de tu proyecto*. [Internet]. 2016 [citado 30 de agosto del 2018] disponible en la URL: <http://blogs.acatlan.unam.mx/emprendeacatlan/2016/03/07/el-proceso-administrativo-de-tu-proyecto/>
- [4] Arboleda, G. (2013). *Proyectos: identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Bogotá. 2da edición. Alfaomega colombiana s.a. Colombia.
- [5] Córdova, M. (2006). *Formulación y evaluación de Proyectos*. Bogotá. 2da edición. ECOE ediciones. Colombia.
- [6] Murcia, J. (2009). *Proyectos: formulación y criterios de evaluación*. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Colombia.
- [7] Hernández, H. et al. (2005). *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*. México. 5ta edición. International Thomson Edition. México.
- [8] Andia, W. (2018). *Proyectos de Inversión: formulación y evaluación estratégica de proyectos*. Lima. Quinta edición. Ediciones Arte y Pluma. Perú.
- [9] Baca, G. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos informáticos*. Santa Fe. Quinta edición. McGraw Hill Interamericana editores S.A. México.
- [10] Gonzales M. (2014). *Ingeniería de Proyectos*. Madrid. Primera edición. Editorial Dextral. España.
- [11] Pérez, J. (2015). *Gestión por Procesos*. Madrid. Quinta edición. ESIC Editorial. España.

# Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente

Specchia Nelson <sup>(1)</sup>, Caminos Constanza <sup>(2)</sup>, Carrizo Blanca Rosa <sup>(3)</sup>,  
Funes Valeria <sup>(4)</sup>, Lanzacastelli Silvia <sup>(5)</sup>

*Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba. GINGEOS, GICCAP.  
Dpto. Ing. Industrial.*

nelson.specchia@gmail.com / coty\_caminos@hotmail.com / bcarrizo@frc.utn.edu.ar

## RESUMEN

En el marco de un escenario internacional globalizado se procura investigar acerca de la interdependencia de los distintos factores que hoy tensionan a la arquitectura regulatoria en los campos económicos y comerciales en los altos niveles de gobernanza internacional (instituciones de Bretton Woods en particular: FMI/ exGATT- OMC) dadas las reconfiguraciones del poder mundial. En particular, se procura analizar cómo las regiones del mundo y en particular América del Sur, trabajan en distintos procesos de integración que le otorga la capacidad a los Estados miembros de negociar en bloque para lograr un mejor posicionamiento internacional. Estas cuestiones claves deben contextualizarse en el marco de una gran preocupación por la sustentabilidad del planeta y las reformas necesarias que hoy se negocian en la agenda internacional en general y en el comercio internacional en particular.

Hoy el Mercosur trabaja para lograr una normativa vinculante a todos los países miembros, que los comprometa en lograr mecanismos de Producción y Consumo Sustentable.

En este sentido, analizar acerca de los objetivos internacionales, regionales y nacionales sobre la incidencia que las nuevas normativas y compromisos que Argentina ha adquirido, como por ejemplo los de la COP 21, son fundamentales para generar el know how necesario para asesorar al ámbito público y privado acerca de la temática en cuestión. Esta propuesta se basa en un proyecto de investigación cuyo objetivo es analizar, describir y evaluar la relación entre el tratamiento de las regulaciones medioambientales basadas en la Producción y el Consumo Sustentable con las prácticas concretas llevadas a cabo en el Comercio Internacional desde 1995 al 2017; así como establecer la evolución de las regulaciones sobre el medioambiente, y en particular sobre la Producción y Consumo Sustentable en el MERCOSUR, Argentina y la Provincia de Córdoba desde 1992 - 2017. Se pretende brindar, a priori, un escenario de los avances y retrocesos en políticas y prácticas llevadas a cabo en el ámbito internacional y en el Mercosur en particular.

**Palabras Claves:** Globalización - Proceso de Integración - Comercio Internacional - Medio Ambiente - Producción y Consumo Sustentable.

## ABSTRACT

In the frame of an international globalized scenario, some people try to investigate the interdependence of different factors that, at present, stress the regulative architecture in the economic and commercial fields at high levels of international governance (Bretton Woods's institutions, especially: FMI/ exGATT – WTO) given the reconfigurations of the world power. Especially, one tries to analyze how the world regions, particularly South America, are working in different integration processes that grant the ability to the member states to negotiate together in order to achieve a better international positioning. These key questions have to be contextualized in the frame of a great worry for the sustainability of the planet and the necessary changes that are being negotiated in the international agenda in general and in the international trade in particular.

Today, Mercosur is working to achieve a binding regulation to all the member countries so that they compromise themselves with achieving mechanisms of Production and Sustainable Consumption.

In this way, analyzing the international, regional and national objectives on the incidence of the new regulations and commitments that Argentina has acquired, like those of COP 21, are fundamental to generate the necessary know how to advise the public and private areas on the current subject matter. This proposal is based on a research project whose objective is to analyze, describe and evaluate the relation between the treatment of the environmental regulations based on the Production and Sustainable Consumption and the concrete practices carried out in International Trade from 1995 to 2017; as well as, to establish the evolution of the regulations on the environment, especially, on the Production and Sustainable Consumption in Mercosur, Argentina and Cordoba Province from 1992 – 2017. One tries to offer, a priori, a scenario of the advances and setbacks in policies and practices carried out in the international area and, especially, in Mercosur.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para su desarrollo se expone acerca del tratamiento del comercio verde sustentable en el escenario internacional y en el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) en particular durante los años 1992- 2017.

En 1992 se lleva a cabo la Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro, donde se acuerdan los 27 principios que tienen como objeto "(...) *la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas*" [2]. Es a partir de la misma que las distintas regiones empiezan a trabajar en acuerdos marco sobre el tratamiento del comercio verde.

En el caso de América del Sur, los países se nuclean en torno a dos procesos de integración: (a) Comunidad Andina de Naciones (CAN) y el MERCOSUR. En el presente trabajo solo se hace alusión al segundo, el cual se constituye en 1991 mediante la firma y posterior ratificación del Tratado de Asunción por parte de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Si bien, el mismo "[desde su creación tuvo como objetivo principal propiciar un espacio común que generara oportunidades comerciales y de inversiones a través de la integración competitiva de las economías nacionales al mercado internacional (MERCOSUR)]. En el instrumento jurídico que le da origen, no se encuentra un tratamiento prioritario de la cuestión ambiental, sólo en el preámbulo se hace alusión a que los objetivos de la Organización deben lograrse mediante "[el] eficaz aprovechamiento de los recursos disponibles, la preservación del medio ambiente, el mejoramiento de las interconexiones físicas, la coordinación de las políticas macroeconómicas y la complementación de los diferentes sectores de la economía, con base en los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio" [4].

En el caso de Argentina, en el año 2015 se lleva a cabo la "Conferencia de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático" (COP 21), donde este país se compromete a disminuir la cantidad de gases que producen el efecto invernadero pero, manteniendo un crecimiento económico sostenido. En vistas a este objetivo, es necesario investigar acerca de los cambios que deberán hacerse en la matriz productiva nacional y de las empresas locales para lograr mecanismos de Producción y Consumo Sustentable.

Por ello, basado en el objetivo general de este proyecto, que es "analizar, describir y evaluar la relación entre el tratamiento de las regulaciones medioambientales basadas en la Producción y el Consumo Sustentable con las prácticas concretas llevadas a cabo en el comercio internacional desde 1995 al 2017; así como establecer la evolución de las regulaciones sobre el medioambiente, y en particular sobre la Producción y Consumo Sustentable en el MERCOSUR, Argentina y la Provincia de Córdoba desde 1992 - 2017" se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Producir informes sobre las regulaciones internacionales que se han generado desde 1995 al 2017 que garantizan la preservación del medio ambiente;
- Describir las regulaciones existentes sobre los mecanismos de Producción y Consumo Sustentable que se llevan a cabo en el comercio internacional desde 1995 al 2017;
- Evaluar el grado de avance de las regulaciones medioambientales que se llevan a cabo en el MERCOSUR con las que actualmente rigen en el comercio internacional
- Comparar los avances normativos en materia medioambiental y en particular sobre la Producción y Consumo Sustentable llevadas a cabo por los países que hoy son miembros del MERCOSUR: Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.
- Investigar acerca de los efectos positivos y negativos para el ámbito privado puede tener trabajar sobre la base de la Producción y Consumo Sustentable.
- Tabular las empresas nacionales que hoy en día cuentan con certificaciones eco amigables.
- Analizar los procesos de innovación llevados a cabo por las PyME de Córdoba para generar una Producción Sustentable.

Para cumplir con estos objetivos específicos, se seguirán los siguientes pasos:

- Desarrollar un método de observación documental con el fin de recopilar y estudiar la bibliografía referente al tema de investigación;
- Generar una fase descriptiva de las fuentes secundarias encontradas;
- Diseñar una fase analítica para relacionar la inclusión de los avances internacionales en medio ambiente sobre el MERCOSUR, Argentina y la Provincia de Córdoba.
- Para cumplir con el objetivo específico (f) se optan por elegir las siguientes metodologías:
- Realizar un análisis cuantitativo no experimental para tabular las empresas nacionales que en la actualidad llevan a cabo prácticas relacionadas a la Producción Sustentable.

## 2. MARCO TEÓRICO

Una vez presentado el tratamiento del tema a escala internacional, se analizará el comercio verde sustentable en el MERCOSUR, Argentina y la Provincia de Córdoba, durante los años 1992- 2017.

Cabe aclarar que, en una primera aproximación, se encontró como limitación que la bibliografía actualizada (2012 - 2018) es escasa.

Sobre el tratamiento del comercio verde sustentable a escala regional Sebastián Gillet hace un " (...) *relevamiento crítico de las políticas medioambientales del MERCOSUR específicamente la gestión en materia de Producción y Consumo Sustentable (PyCS)- y una propuesta para el desarrollo de un instrumento aún no explorado por el bloque: un sistema de eco-etiquetado de alcance regional*" (2014: 5).

Por otra parte, Amalia Stuhldreher justifica el recorte temporal aquí establecido partiendo del esfuerzo temprano que los países del Cono Sur hacen con la Declaración de Canela en 1992 previa a la "Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el desarrollo" para tener un documento que plasme un interés común por parte de la región. En cuanto al análisis del tratamiento de esta temática en el MERCOSUR, en 1995 se lleva a cabo la Declaración de Taranco que reúne a los Ministros de Medio Ambiente del Mercosur (2012: 195).

Los aportes de Mata Diz son fundamentales para analizar los avances normativos de la cuestión medio ambiental del Mercosur ya que analiza los instrumentos y órganos creados para tal fin y las consecuencias de los impactos medioambientales sobre las políticas nacionales de los países de la región (2015-2016: 75).

Para el análisis de las políticas públicas y las prácticas concretas de Argentina en la materia, se encuentra que "(...) *el país carece aún de una política integral* " (Aponte Tino, Godio & Strada;2012: 45). En el estado actual de la situación, estos autores analizan la posibilidad de una producción sostenible? *green industry?*, concluyendo que una política dirigida a tal fin ayuda a mejorar la competitividad de las PYMEs argentinas. Por su parte la CEPAL realiza un informe en el año 2014 titulado "*Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las pymes argentinas*" donde analiza los distintos sectores de la economía y las estrategias que deben ser tomadas para enfrentar los desafíos.

Mediante el fomento hacia un uso más eficiente de los recursos, se puede lograr el aumento en la productividad de las empresas, especialmente de las empresas de menor tamaño. en este contexto, la innovación permite brindar soluciones a problemas ambientales, así como permite la creación de. Evos mercados mediante la estimulación de la demanda de tecnologías verdes, brindando de esta manera un potencial para la creación de nuevos puestos de trabajo.

En el caso de Córdoba, se encuentra qué hay dos aristas para el análisis del tema en cuestión: (a) el tratamiento en la esfera privada; y (b) los marcos regulatorios y de control por parte del ámbito público. En cuanto al primer tema planteado, se puede decir que existe una mayor concientización sobre la interacción entre comercio y ambiente en los últimos años a partir de la promoción de una agenda común del sector privado en aras de fortalecer la *responsabilidad social empresarial*. En esta línea Amatto, Buraschi & Peretti destacan que si bien el tratamiento del tema ha tenido un gran auge en los últimos años, no se ha plasmado el compromiso en prácticas concretas, tanto en su cantidad como calidad (2015: 103). En segundo lugar, Romero destaca que el desarrollo sustentable es un gran desafío porque implica "*esfuerzos de coordinación de distintos actores de la sociedad*" (2017:1). En el caso del gobierno provincial se encuentra que todavía queda un largo camino por recorrer en cuanto a los avances legislativos y de control.

Para concluir, se considera que existe un tratamiento sobre el tema comercio y medio ambiente a escala internacional, extensamente desarrollado y que cuenta con un histórico avance sobre dicha cuestión que comienza con artículos, organización y áreas específicas de trabajo en diferentes Organismos Internacionales.

A pesar de ello, no se haya una relación directa entre los avances que se han llevado a cabo en la gobernanza global con las políticas públicas y prácticas concretas del Mercosur, Argentina y la Provincia de Córdoba.

No obstante dados los objetivos de la agenda internacional, es importante generar investigaciones que analicen la interacción entre comercio y medio ambiente para poder contribuir al acervo bibliográfico y a una futura toma de decisiones sobre esta temática desde el Mercosur, Argentina y la Provincia de Córdoba.

## **2.1. El tratamiento del Comercio Verde en el MERCOSUR**

Como se desarrolló con anterioridad, al conformarse el MERCOSUR el proceso preparatorio a la Cumbre de Río estaba en pleno desarrollo, por tal motivo es que la cuestión ambiental no fue prioritaria en la definición de la agenda política del bloque en 1991 y el tratamiento del tema sólo se basó en la reducción de las barreras del bloque.

Durante la década de los años noventa se sucedieron distintas resoluciones que trabajaron sobre cuestiones medioambientales. Ahora bien, no va ser hasta el año 2001 que en Asunción, se crea el Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del Mercosur, que según Mata Diz "*representa un avance singular en favor de una reglamentación común sobre el medio ambiente en la región. Este acuerdo ya se encuentra debidamente incorporado por Argentina (Ley N° 25841 del 26/11/03), Brasil (Decreto N°5208 del 20/09/04), Paraguay (Ley N° 2068/03 del 28/01/03) y Uruguay (Ley N° 17712 del 19/12/2003)*" [4].

Es importante resaltar que tal como se mencionó en el primer apartado, la capacidad de los estados para afianzar una economía verde está supeditada a su condición de país en vías de desarrollo. En este sentido se cita nuevamente a Mata Diz [4] que explica que los objetivos de las políticas públicas y las normativas del bloque, como de cada uno de los países que integra el MERCOSUR está supeditado a:

a) *[La] promoción de la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos disponibles mediante la coordinación de políticas sectoriales, sobre la base de los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio.*

b) *[La] incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales e inclusión de las consideraciones ambientales en la toma de decisiones que se adopten en el ámbito del Mercosur para el fortalecimiento de la integración*

c) *[La] promoción del desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos, evitando la adopción de medidas que restrinjan o distorsionen, de manera arbitraria o injustificada, la libre circulación de bienes y servicios en el ámbito del Mercosur."*

Tras este incipiente comienzo, el bloque empieza a incorporar políticas medioambientales relacionadas con la promoción del desarrollo sustentable y específicamente trabaja en el área de Producción y Consumo Sostenible (PyCS). Como lo define Sebastián Gillet [9], este término refiere al "*(...) uso de servicios y productos que responden a las necesidades básicas, mejoran la calidad de vida y, a la vez, minimizan el uso de recursos naturales y materiales tóxicos así como las emisiones de desechos y contaminantes durante el ciclo de vida del servicio o producto; para así no poner en peligro las necesidades de las generaciones venideras.*"

En cuanto al consumo sostenible, se puede decir que el mismo procura satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, mientras el daño ambiental y los riesgos para la salud humana disminuyen. Para lograrlo, deben integrarse una serie de componentes, entre los que se destacan: satisfacción de necesidades; mejora de la calidad de vida; eficiencia en el uso de los recursos; incremento de la participación de las energías renovables; reducción de desperdicios; adopción de una perspectiva de ciclo de vida; y consideración de la equidad [9].

En cuanto a la producción sustentable, la misma responde a la necesidad de reducir los impactos, por medio de la aplicación de mejoras en los procesos productivos y en el diseño de los productos. Pretende optimizar el desempeño ambiental de sectores clave de la economía, ofreciendo los mismos bienes y servicios, o incluso más y mejores [9].

Para lograr dichos objetivos el bloque debe guiarse por el artículo 6 del Acuerdo Marco que establece la imbricación entre procesos productivos y medioambiente hasta la adopción de mecanismos que promuevan la innovación y el diseño ecológico, la educación eco ambiental y la cooperación e intercambio de experiencias entre los Estados [4].

Cabe destacar que el mayor desafío actual en el marco de la Producción y el Consumo Sustentable, se encuentra en lograr un sistema de eco- etiquetado regional. Para lograr dicho objetivo, los países miembros deben trabajar en los problemas actuales que detienen los avances en esta materia.

En primer lugar, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay han encarado las negociaciones multilaterales ambientales de forma individual, sin lograr coordinar sus posiciones, y menos aún, consolidar una posición regional.

En la política interna de cada uno de los estados partes, según Gudynas [9] se encuentra que los países del bloque poseen un marco institucional pobre. Los gobiernos de estos países justifican este debilitamiento porque consideran que a partir del mismo se pueden garantizar altos niveles de exportaciones e inversión extranjera.

Además, agrega que existe una retórica en el discurso de éstos sobre la *economía verde*, marcada por una disociación existente entre las demandas internacionales y la gestión medioambiental local (Gudynas; 2012).

Por último, pero no por ello menos importante establece que los escasos avances logrados en los últimos años en el ámbito multilateral demuestran que los temas ambientales son trabas o barreras al desarrollo y no se ha llegado profundizar suficiente en el logro de instrumentos regionales que puedan ser incorporados por los diferentes sectores productivos.

Para finalizar, si se hace un análisis de política comparada sobre los cuatro países que forman parte de este proceso de integración, se encuentra que Brasil es el estado más avanzado en cuanto a sistemas de eco-etiquetado, ya que posee el *Rótulo ABNT Qualidade Ambiental* en funcionamiento.

En el resto de los países los mismos tienen que acceder a dichos estandartes mediante la contratación de empresas privadas que evalúan sus procesos productivos a un alto costo.

## **2.2. Nuevas necesidades regulatorias en el comercio exterior del MERCOSUR. Políticas de medio ambiente que garantizan la sustentabilidad de los recursos**

Los regímenes comerciales que actualmente se llevan a cabo en América del Sur y particularmente en el bloque del MERCOSUR, por incluir a una extensa área territorial, tiene la

deuda pendiente de contribuir a preservar la integridad ambiental al identificar y respetar los límites de la capacidad regenerativa de los ecosistemas, y a evitar los daños irreversibles de las especies de plantas y animales que hoy corren un gran peligro.

Un eje teórico sobre el cual se puede analizar el estado actual y las políticas concretas a seguir, se basa en los principios de Winnipeg sobre Comercio y Desarrollo Sustentable [1].

El punto central sobre el cual debe estar dirigido el análisis, es que el mismo no sugiere simplemente menos contaminación o un fin al crecimiento, sino un compromiso con una forma distinta de crecimiento.

### **2.3. Sistema de certificación ambiental**

Muñoz et All [10] señalan que los principios aplicables a la certificación y etiquetado ambiental incluyen el principio de sostenibilidad, de empoderamiento del consumidor, de prevención, de soberanía, de apertura de mercado, de internalización de costos, de voluntariedad, de viabilidad, de transparencia, de participación ciudadana informada, de objetividad, de incentivo a la innovación científica, de manejo social integral y de temporalidad técnica.

Con el proceso de globalización, la competitividad es un factor esencial para alcanzar objetivos como el desarrollo económico y social de un país, o bien el crecimiento de una rama de la economía o un conjunto de empresas. Existe una percepción creciente de que la sustentabilidad ambiental aparece como una preocupación económica a mediano y largo plazo, no sólo a causa de la necesidad de no degradar las bases para el desarrollo, sino también porque ella puede ser un requisito indispensable para mantener o ganar mercados de exportación.

En algunos casos se insiste en la capacidad de las empresas para incorporar progresos técnicos, mejorar su eficiencia y ampliar su participación en el mercado.

En otros casos se destaca la capacidad de una economía para crecer y elevar el nivel de vida de la población en un marco de apertura comercial.

## **3. LÍNEAS DE ACCIÓN**

Dado que este proyecto de Investigación titulado "Globalización, Comercio Internacional y Medio Ambiente" tiene como finalidad presentar un análisis integral sobre el tratamiento de los temas medio ambientales trabajados de manera específica en la disciplina del comercio internacional. DE manera general se analizará la evolución de la agenda ecológica a nivel internacional y en un segundo momento, se analiza su tratamiento en el MERCOSUR, con el objeto de analizar (a) cómo se llegó a la situación actual, y (b) los límites y las posibilidades futuras para generar políticas concretas en la Producción y el Consumo Sustentable.

Habiendo encontrado que en la actualidad existe un gran vacío legal que debe en un futuro próximo comenzar a regularse, se considera como una necesidad principal analizar no sólo lo que repercute en el área regional (MERCOSUR) sino también los marcos regulatorios de los países que integran el bloque (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay).

Por último debe prestarse especial atención al marco normativo existente en Argentina y Córdoba en particular, como así también a las prácticas privadas de las empresas nacionales y provinciales.

Se considera fundamental el desarrollo de este proyecto, dado que Argentina se ha comprometido a contribuir con los objetivos de la COP 21. Lo que no sólo implica un cambio de políticas públicas orientadas a tal fin, sino también la creación de una legislación que en el largo plazo afectara a la matriz productiva e industrial del país.

Se deben generar incentivos para invertir en infraestructura resiliente. El rol de las ciudades para lograr los objetivos del Acuerdo de París es clave.

En vistas a ello, se procura hacer un relevamiento de las empresas nacionales para saber cuál es el porcentaje actual que ha desarrollado prácticas eco amigables y cuales tienen por delante invertir en la innovación de sistemas de producción que logren las nuevas metas a las cuales el gobierno apunta a cumplir para el 2030.

## **4. CONCLUSIÓN**

Para garantizar la calidad ambiental de las exportaciones regionales, se fomenta una mejora de la reputación internacional de la producción del MERCOSUR, lo que tiene que contar en un futuro con una certificación que posicione y garantice el comercio verde.

A lo largo de la investigación queda en evidencia las deficiencias actuales sobre la aplicación de medidas de producción y consumo sostenible en el MERCOSUR. Es por ello que se sostiene que el tratamiento de las cuestiones ambientales en la región debe realizarse de manera coordinada entre los estados partes del proceso.

Para finalizar los países del MERCOSUR deben reducir los impactos de su actividad económico-productiva sobre la Naturaleza en el corto plazo, y comenzar la transición hacia un nuevo modelo de desarrollo regional.

Queda para un desarrollo futuro el análisis de lo que acontece en la jurisdicción nacional y particular de la Provincia de Córdoba.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Amato, Celina Noé, Buraschi, Mónica y Peretti, María Florencia (2015). "*Orientación de los empresarios de Córdoba-Argentina hacia la sustentabilidad y la responsabilidad social empresarial: identificación de variables asociadas a cada constructo*". Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: [https://ac.els-cdn.com/S0186104215001072/1-s2.0-S0186104215001072-main.pdf?\\_tid=937c6b04-4f2a-41e7-af92-d2792eb65a29&acdnat=1524228313\\_64be51406bfaa0bca0c43dfe7b585754](https://ac.els-cdn.com/S0186104215001072/1-s2.0-S0186104215001072-main.pdf?_tid=937c6b04-4f2a-41e7-af92-d2792eb65a29&acdnat=1524228313_64be51406bfaa0bca0c43dfe7b585754)
- [2] Aponte Tinao, Sonia, Godio, Leopoldo M.A & Strada, Pablo G. (2012). "*Comercio internacional y Ambiente Desafíos para la República Argentina*". CARI. Documentos de Trabajo N° 91. Buenos Aires. Disponible en: <http://www.cari.org.ar/pdf/dt91.pdf>
- [3] Burnete, Sorin & Chomta, Pilasluk (2015 - 2016). "Trade & Environment a historical perspective." De Gruiter Open. Studies in Business and Economics no. 10(2)/2015, p. 17, 32.
- [4] Declaración de Canela de los presidentes del Cono Sur previa a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Revista Relaciones Internacionales n° 42. Costa Rica. 1993. Disponible en: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ri/article/view/8289/9312>
- [5] Fondo Multilateral de inversiones (2011). "*La responsabilidad social de la empresa latinoamericana*". Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <http://www.cepb.org/bo/urse/wp-content/uploads/2014/12/E21.pdf#page=67>
- [6] Frédéric Mori, Jean-n and Rochette, Myriam (2017). "Transatlantic convergence of preferential trade agreements environmental clauses". Business & politics. Vol. 19 Issue 4, p621-658.
- [7] Gillet, Sebastián (2014). "*Eco-etiquetado en el mercosur potencialidades del enfoque regional en la adopción de modalidades de producción y consumo sustentables*". Red Latin. Working paper 154. Disponible en: [http://latn.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/WP\\_154\\_Gillet.pdf](http://latn.org.ar/wp-content/uploads/2014/09/WP_154_Gillet.pdf)
- [8] Mata Diz, Jamile (2015). "*La normativa medioambiental del Mercosur*". Papeles del Centrode Investigaciones, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, UNL, publicación semestral, año 5, número 16, Santa Fe, República Argentina, pp. 69?102. Disponible en:
- [9] NU. CEPAL (2014). División de Desarrollo Productivo y Empresarial. Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las PYMES argentinas. CEPAL. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37093/1/S1420480\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37093/1/S1420480_es.pdf)
- [10] Organización Mundial de Comercio, Informe del Comité Comercio y Medio ambiente (2017). Disponible en: [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/envir\\_s/cte00\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/envir_s/cte00_s.htm)
- [11] Organización Mundial de Comercio. (2015). "*La Cites y la OMC. Promover la cooperación con miras a un desarrollo sostenible*". Disponible en: [https://www.wto.org/spanish/res\\_s/booksp\\_s/citesandwto15\\_s.pdf](https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/citesandwto15_s.pdf)
- [12] Organización de las Naciones Unidas. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. PNUMA
- [13] Romero, M.A. (2017). "*Un Caso en la Ciudad de Córdoba sobre Gobernanza y Sustentabilidad en la Cadena de Valor de la Industria Automotriz*". Anuario de Investigaciones de la Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/aifp/article/view/18631/18637>
- [14] Stuhldreher, Amalia (2012). "*Construcción participativa del regionalismo estratégico: ¿hacia una agenda medioambiental externa del Mercosur*". Rev. Bras. Polít. Int. 55 (1): pág 194-210.



# UN CASO DE EMPRENDEDORISMO E INNOVACIÓN: MOTORES HÍBRIDOS MENDOZA

De la Vega, Gonzalo<sup>(1)</sup>; Echegaray, Rodolfo Gabriel<sup>(2)</sup>; Giunta Alsina, Jorge\*; Bianchi, Federico<sup>(3)</sup>

Argentec S.R.L.  
Av. Bartolomé Mitre 808, Ciudad de Mendoza. [jfgiunta@itcsa.net](mailto:jfgiunta@itcsa.net)

(1) [gadelavega@gmail.com](mailto:gadelavega@gmail.com)

(2) [rg.echegaray@gmail.com](mailto:rg.echegaray@gmail.com)

(3) Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza  
[ingenierobianchi@gmail.com](mailto:ingenierobianchi@gmail.com)

## RESUMEN

El presente artículo expone el desarrollo del proyecto Motores Híbridos Mendoza, realizado en alianza estratégica entre dos emprendedores mendocinos, Gonzalo de la Vega y Fernando Bianchi, con la consultora Argentec S.R.L., empresa dedicada a la consultoría, inversiones productivas y vinculación tecnológica.

El proyecto propone el desarrollo de motores híbridos en motos con el fin de mejorar la potencia en las mismas y su capacidad de respuesta, de reducir el consumo de combustibles fósiles y la contaminación producida por los motores de combustión interna. Innovación aplicable a un gran mercado en constante crecimiento.

Se expone la solución desarrollada en términos comerciales y financieros, así como el plan de negocios diseñado para convertir este desarrollo de prototipo en una innovación rentable.

**Palabras claves:** innovación, emprendedorismo, motores híbridos, start up.

## ABSTRACT

This article exposes the development of the project "Motores Híbridos Mendoza", carried out in a strategic alliance between two entrepreneurs from Mendoza, Gonzalo de la Vega and Fernando Bianchi, with the consulting firm Argentec S.R.L., a company dedicated to consulting, productive investments and technological linkage. The project proposes the development of hybrid motors in motorcycles in order to improve the power in them and their response capacity, reduce the consumption of fossil fuels and the pollution produced by internal combustion engines. This is innovation applicable to a large market in constant growth. The developed solution is exposed in commercial and financial terms, as well as the business plan designed to turn this prototype development into a profitable innovation.

## 1. INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL

*“La competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y mejorar.”  
- M. Porter, 2003*

La población total de vehículos ha superado, entre los años 2009 y 2010, los mil millones de unidades y tiene una tendencia a seguir creciendo. Se espera que el volumen de unidades alcance los dos mil millones para el 2035, que en su gran mayoría serán con motores de combustión interna [CITATION Spe09 \p 5 \l 3082 ]. Estos indicadores no son propicios para los objetivos del acuerdo de París para el 2021 y las emisiones de CO<sub>2</sub> no descenderán ante este panorama si no se toman medidas urgentes. Todas las acciones que posibiliten controlar la temperatura del planeta deben ser fortalecidas y difundidas, entre ellas el desarrollo y promoción de medios de transporte sustentables. Esta es la base que potencia el proyecto de negocios aquí descrito.

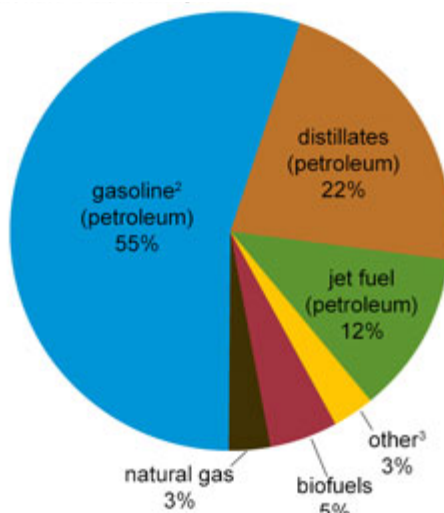


Figura 1 Consumo de energía por transporte en Estados Unidos, 2017 (fuente: US EIA, Monthly Energy Review Abril 2018)

Los análisis de ciudades inteligentes con mejores sistemas de transporte urbano, que combinen el aprovechamiento de espacios, tecnologías de transporte amigables con el ambiente y las tendencias habitacionales se muestran fundamentales para combatir el calentamiento global [ CITATION Ong11 \l 3082 ]. Sin embargo, es importante destacar que las tendencias de mercado y la falta de gestión interesada en construir ciudades inteligentes en nuestro país nos obliga a plantear soluciones innovadoras.

Las motos tienen un papel preponderante en urbes medianas y grandes de nuestro país, sin embargo son vehículos que en general no figuran en los planes de gestión urbana locales, aunque el stock en circulación de las mismas es elevado y la tendencia de adquisición de ellas se encuentre en alza [ CITATION Cám18 \l 3082 ]. Para disminuir el impacto de las mismas, así como de otros motores de combustión interna utilizados en el transporte, aparece como una apropiada solución la hibridación de motores con sistemas eléctricos combinado a la recuperación de energía cinética [ CITATION Ber12 \l 3082 ].

Hay tres barreras importantes en el crecimiento del consumo de combustibles fósiles: los cambios en la distribución geográfica del consumo de combustibles, los problemas de abastecimiento y un aumento de la regulación para enfrentar el cambio climático. Sin embargo, la tendencia mundial en el mercado de los combustibles fósiles pronostica que si bien las energías renovables y los motores eléctricos están ganando espacio a los combustibles fósiles y al motor de combustión interna, por algún tiempo todavía serán dominantes e incluso seguirán creciendo, en particular dicho tipo de motor por el imparable impulso de la industria automotriz.

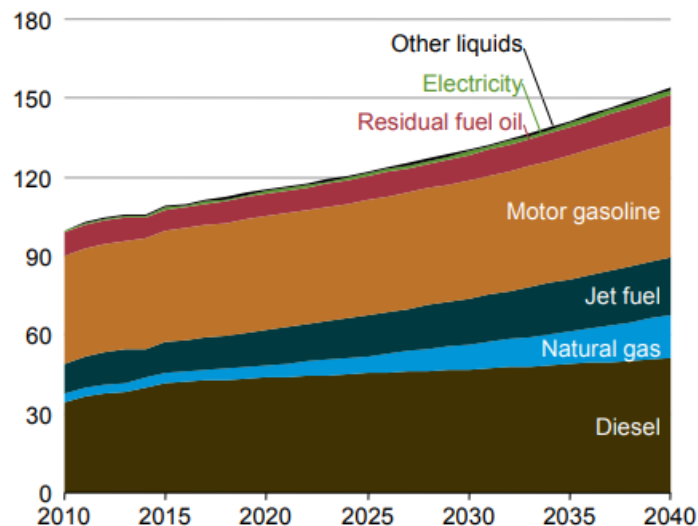


Figura 2 Consumo energético del transporte a nivel mundial por fuente de energía. Perspectiva 2010-2040, billardos de BTU. (fuente: EIA - International Energy Outlook 2016)

El presente trabajo analiza el caso de estudio de innovación y emprendedorismo en torno al consorcio Motores Híbridos Mendoza que propone la creación de una empresa de base tecnológica para el ofrecimiento de un producto innovador capaz de cubrir las necesidades nacionales de un segmento para un transporte más eficiente y ambientalmente sustentable.

Se describe el proyecto en cuestión analizando brevemente algunos aspectos tecnológicos y estratégicos del desarrollo. Se profundiza luego en el proyecto de negocios en los aspectos organizativos, legales y comerciales fundamentales. En el trabajo se comenta sobre el impacto del apoyo institucional gubernamental obtenido a través de la línea de subsidio operada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

## 2. EL PROYECTO

En este escenario de problemáticas vinculadas a la circulación vehicular urbana y la contaminación ambiental en ciudades, donde el tránsito cada vez más congestionado requiere de vehículos donde el impacto ambiental sea reducido, la respuesta sea veloz, y en lo posible la relación espacio/pasajero sea lo menor posible, se propone encararlo mediante la disminución del uso de combustibles por la recuperación de energía cinética. Esto se encuentra dentro de la tendencia tecnológica del mercado actual de motocicletas, en la búsqueda de alternativas económicas amigables con el ambiente y seguras para desplazarse por la ciudad, utilizando motores híbridos o eléctricos.

La propuesta de Motores Híbridos Mendoza consiste en el desarrollo de una empresa de base tecnológica orientada a la producción de equipos KERS, Kinetic Energy Recovery System, basado en una solución innovadora respecto a componentes y propuestas ya existentes, para el uso eficiente de la energía en vehículos mediante la conversión de energía mecánica a eléctrica, logrando un equipo de recuperación de energía cinética de bajo costo aplicable a motos.

El producto busca convertir motos estándar en vehículos híbridos, amigables con el medio ambiente, reduciendo el consumo de combustible y con ellos las emisiones de CO<sub>2</sub>. Podrá integrarse tanto en fábrica en motos nuevas, como en talleres especializados en motos usadas.

La innovación tecnológica desarrollada permite además reducir el costo del sistema, al ahorrar cobre, y obtener generadores eléctricos de alta eficiencia, compactos y de bajo peso.

El equipo se diferencia de las actuales aplicaciones de recuperación de energía cinética, que usan normalmente convertidores DC/DC elevadores de tensión, alternadores de excitación independiente o motores y generadores independientes. Los elevadores de tensión de gran potencia requieren inductores o transformadores voluminosos y relativamente costosos. Los alternadores de excitación independiente permiten controlar la tensión de salida, pero también requieren de cobre adicional y además se producen pérdidas en el bobinado de excitación, reduciendo el rendimiento y también el motor debe construirse por separado, aumentando costo, peso y volumen del sistema.

El desarrollo realizado permitió reducir de manera considerable el costo de los sistemas anteriormente mencionados, usando un generador de imán permanente acoplado a una tecnología novedosa que permite recuperar la energía de manera eficiente y mejorar el rendimiento de vehículos propulsados por motores de

combustión interna o puramente eléctricos, a un bajo costo. El mismo generador funciona como motor de imán permanente.

De esta forma se reduce el costo y torna accesible el uso de sistemas KERS en pequeños vehículos, además de ser aplicable a grandes vehículos.

Para aplicaciones de recuperación de energía cinética se usan normalmente convertidores DC/DC elevadores de tensión, alternadores o motores y generadores independientes. Estos sistemas resultan costosos, pesados y voluminosos. El desarrollo propuesto permitió reducir de manera considerable el costo de los sistemas anteriormente mencionados, sumando una recuperación eficiente de la energía en un sistema compacto y liviano, de fácil integración en vehículos existentes.

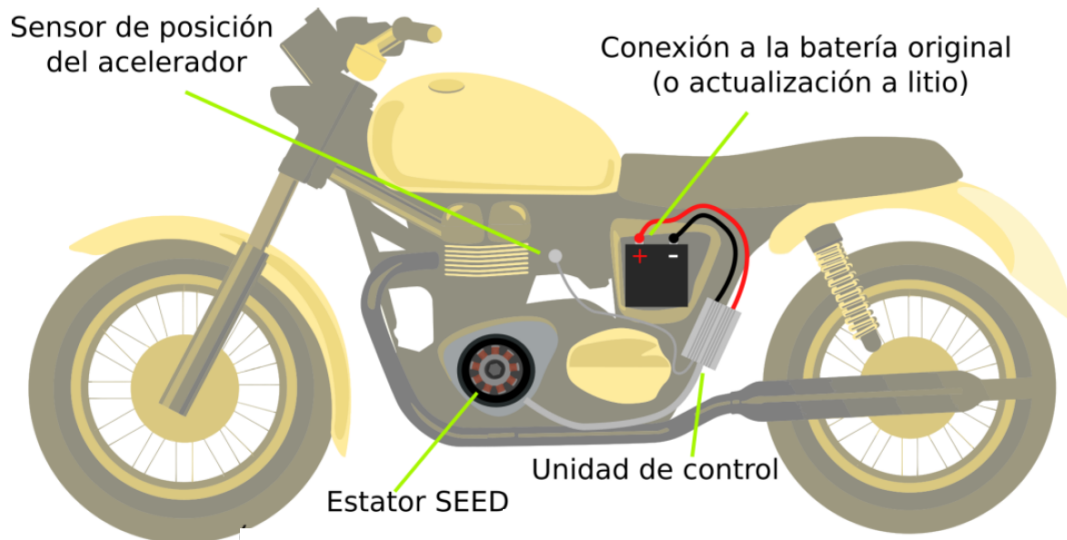


Figura 3 Esquema de sistema híbrido en una moto

Las mejoras redundan además en mejor dotación de potencia en el vehículo, ofreciendo excelente respuesta en situaciones particulares que la requieran como la aceleración inicial. En conjunto, estos motores híbridos ofrecen potencia semejante a motores convencionales más costosos equivalentes en el mercado.

## 2.1. Desarrollo Tecnológico:

Esta innovación respecto a los sistemas KERS actuales se logra usando un generador de imán permanente sumado a una tecnología novedosa que permite aplicar la recuperación de energía cinética en vehículos en los que de otra manera no sería viable económicamente.

La innovación tecnológica no es explicada en detalle ya que se encuentra previsto realizar la patente correspondiente.

### 2.1.1. Estado del desarrollo

Se llevaron a cabo pruebas iniciales en un generador experimental montado sobre una motocicleta Zanella ZTT 200, en la cual el estator del alternador fue modificado para funcionar usando la tecnología en desarrollo.

En los cuatro puntos medidos en la prueba a 2000, 3000, 4000 y 5000 RPM eficiencia medida fue aproximadamente de 64%, 85%, 80% y 90% respectivamente, con un promedio de 80%, comparada con el modelo teórico ideal. Se considera un resultado alentador considerando que en este diseño, no se intentó maximizar la eficiencia, sino simplemente probar la capacidad de generar potencia suficiente para lograr la recuperación de energía cinética.

Son necesarias más pruebas en este punto que incluyan mediciones sobre CO<sub>2</sub> y, NO<sub>x</sub>, HC, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>

## 2.2. Desarrollo Estratégico

El proyecto comenzó con la idea e impulso de dos emprendedores mendocinos, el ing. Gonzalo de la Vega, especialista en electrónica, software y análisis de datos, con fuertes antecedentes en investigación y desarrollo; y el técnico Fernando Bianchi, graduado en EEUU de extensa carrera en el ámbito automotriz local, ambos entusiastas de las motos y la mecánica en general; que se asociaron con Argentec S.R.L., obteniendo así el respaldo económico e intelectual de una consultora especializada en vinculación tecnológica, desarrollo de negocios y búsqueda de inversiones.

Evidentemente, no es suficiente poseer una tecnología de vanguardia para tener asegurado el éxito comercial, sino que es necesario definir una buena estrategia comercial y organizacional para garantizar el éxito en el proceso de introducción de una tecnología en el mercado, lo cual presupone un buen conocimiento de su potencial comercial, así como de sus ventajas e inconvenientes [ CITATION Álv98 \l 3082 ].

No siempre ocurre que un producto innovador se convierte en un éxito comercial, puesto que existen diversos elementos que pueden condicionar el resultado. Para encauzar el producto innovador se ideó la conformación de una Empresa de Base Tecnológica de manera de reducir la incertidumbre

en estas fases de desarrollo y asegurar la tecnología de acuerdo con el interés de comercializar el producto. Siguiendo a Álvarez de Novales (1998), el proyecto como idea innovadora se encuentra finalizando la etapa de desarrollo de idea e iniciando la de desarrollo de negocio [ CITATION Álv98 \l 3082 ]:

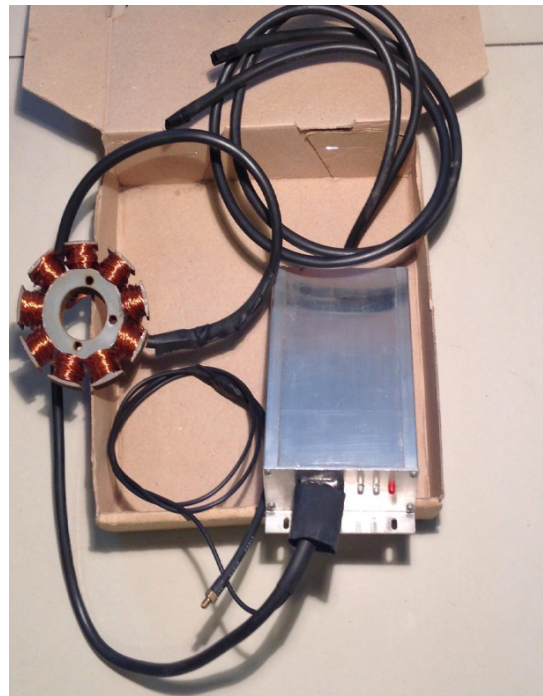
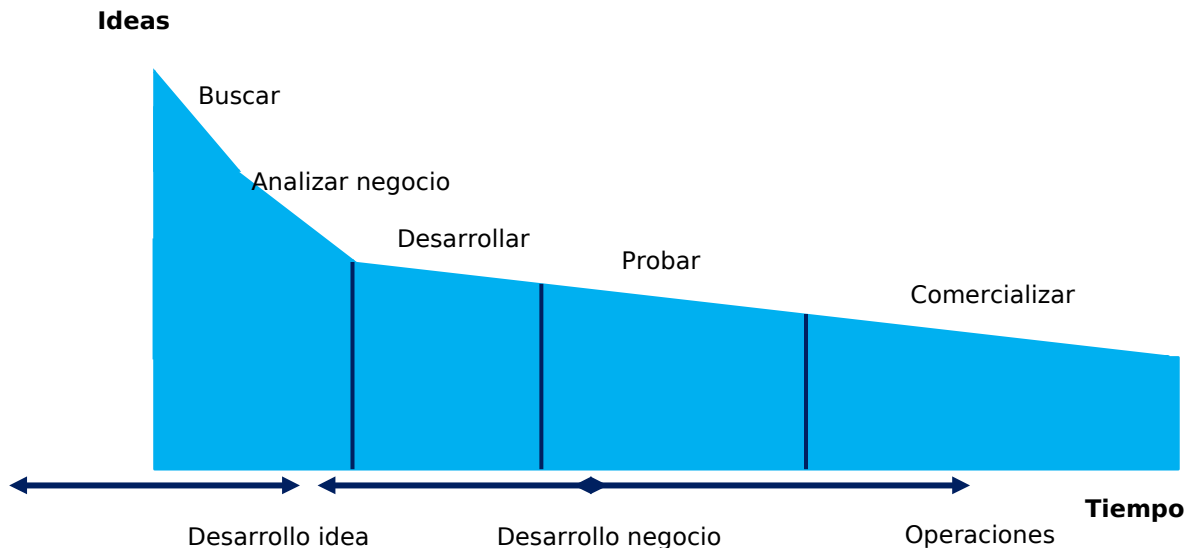


Figura 4 Prototipo de kit para conversión de motor para moto



La observación tecnológica constituye una de las claves de este planeamiento, en tanto que proporciona una perspectiva acerca del potencial innovador. En él se incorporaron informaciones provenientes de la aplicación de los métodos habituales de la vigilancia tecnológica y de prospectiva.

Su finalidad fue visualizar el estado de la técnica y la disponibilidad de soluciones tecnológicas alternativas generadas para el mercado objetivo a fin de desarrollar el Estudio de Mercado del Plan de Comercialización y el Plan de Negocios.

En conjunto, el abordaje del desarrollo se orienta a crear la EBT a partir de:

1. DISPONIBILIDAD
  - a. Desarrollos verificados
  - b. Costos de industrialización
  - c. Protección Intelectual
2. POTENCIAL DE MERCADO

- a. Aplicaciones industriales
- b. Barreras de entrada
- c. Oportunidades de mercado
- 3. POTENCIAL INNOVADOR
  - a. Base industrial
  - b. Ventajas
  - c. Estado del arte
- 4. PROPIEDAD INTELECTUAL
- 5. ESTUDIO DE MERCADO
- 6. PLAN COMERCIAL
- 7. PLAN DE NEGOCIOS

### 3. PLAN DE DESARROLLO

Este proyecto tiene una serie de elevados objetivos en términos cuantitativos, el mercado objetivo ulterior es la totalidad del parque de motos nacional, que en el año 2017 superó los 7 millones de unidades. Ese año se patentaron alrededor de 500.000 unidades, y a pesar de los avatares económicos del año 2018, que han reducido sustancialmente el patentamiento de nuevas motos, se espera que la introducción de nuevas unidades se incremente en los próximos años. [ CITATION Cám18 \l 3082 ]

Luego de un estudio preliminar de mercado se detectó el interés en el producto por parte de las siguientes marcas: Motomel, Corven, Jawa y Honda. Un primer análisis de viabilidad económica preliminar se realizó al plantear el supuesto de que se lograba la inserción en el mercado nacional, incorporando la nueva tecnología en el siguiente segmento del mercado:

- Año 1: 0,13%
- Año 2: 0,20%
- Año 3: 0,50%
- Año 4: 0,70%
- Año 5: 1,00%

Con esto en vistas, fue necesario plantear un plan de inversiones que permitiera adquirir equipamiento para desarrollar prototipos, sostener el desarrollo y luego comenzar la producción de equipos. Más adelante se comenta la solución societaria que se logró.

La solución con mejor viabilidad para un proyecto con alto potencial y baja capacidad de financiamiento fue presentarse a una convocatoria Empretecno del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, cuyo objetivo es promover la creación de nuevas empresas de base tecnológica (EBT) que generen el crecimiento sostenido a través de la diversificación de las exportaciones y el aumento del valor agregado de la producción. Esta convocatoria ofrecía financiar parcialmente el desarrollo de empresas basadas en la aplicación de conocimiento en los distintos sectores productivos.

La propuesta aquí descripta se adaptó perfectamente a la convocatoria en cuestión, permitiendo la obtención de un subsidio en el año 2014 por \$1.520.998,40, lo cual corresponde al 75% de un proyecto total de \$2.053.499,40. A continuación se muestra el detalle del presupuesto aplicado.

Tabla 1 Presupuesto del Proyecto MHM Empretecno 181/2014

#### Presupuesto General

Rubro	Monto Total
Bienes de Capital	\$ 737.774,40
Consultorias y Servicios	\$ 476.701,00
Gastos Administrativos	\$ -
Infraestructura	\$ 148.500,00
Materiales e Insumos	\$ 298.424,00
Recursos Humanos	\$ 324.000,00
Viajes y Viaticos	\$ 68.100,00
Otros Gastos	\$ -
<b>TOTALES</b>	<b>\$ 2.053.499,40</b>



El presupuesto incluyó la cobertura de un amplio espectro de necesidades para el desarrollo de un proyecto de esta envergadura. Implicó la adquisición de equipamiento diverso: bancos de laboratorio y pruebas, osciloscopios, multímetro, medidor LCR, sondas y otros equipos de medición; también elevador, fuente de alimentación, soldador, puntas, tubos, llaves y otras herramientas de taller; también implicó la contratación de consultorías en formulación de proyectos, estudios de mercado, asesoría legal, modelización, entre otras.

La mayor parte del subsidio tuvo como destino la adquisición de bienes y servicios específicos, mientras que el 25% de contraparte de este proyecto correspondió a los esfuerzos de ingeniería propios de los emprendedores y asociados.

El proyecto se diseñó y se encuentra ejecutando el siguiente plan de actividades y tareas:

- Desarrollo de pruebas de concepto
  - Adecuación de instalaciones
  - Compra e instalación de equipos
  - Optimización de las simulaciones
  - Desarrollo experimental. Ensayos y mediciones a plena potencia.
  - Prueba exhaustiva del generador y del motor
  - Instalación de control proporcional del acelerador
  - Implementación de estrategias de control de entrega y recuperación de energía
  - Pruebas en banco y en la calle
  - Construcción de prototipo
  - Prueba de prototipo (análisis de consumo de combustible y confiabilidad)
  - Gestión de la calidad ISO 9001 y 14000
- Elaboración del estudio de factibilidad del producto o servicio
  - Estudio de mercado
  - Plan de comercialización
  - Plan de negocios
  - Gestión de inversores
- Constitución de la EBT
  - Análisis de las inscripciones y permisos de la EBT
  - Inscripción de personería jurídica a definir
  - Tramitación de propiedad intelectual
  - Acuerdos de confidencialidad entre las partes

En este momento, el proyecto se encuentra muy avanzado en la etapa 2 y en las primeras actividades de la etapa 1. Así mismo, ya se está evaluando y avanzando en la constitución de la EBT.

### **3.1. Contratiempos e impactos en el proyecto**

La obtención de financiamiento estatal en forma de subsidio permitió a un grupo de emprendedores avanzar en una idea innovadora, gran potencial de mercado y de utilidad para la comunidad, que redundará en beneficio para todos. Sin embargo, ha sido un proyecto con múltiples demoras y obstáculos por la esencia misma de este subsidio.

Los programas de financiamiento estatal suelen ser altamente burocráticos, con largas curvas de aprendizaje, donde un error en la documentación se traduce en meses de espera. Esto ha demorado muchos desembolsos, complicando las relaciones con los proveedores y evidentemente retrasando el desarrollo del proyecto en general, lo cual es perjudicial para los beneficios diferenciales de una idea innovadora.

Los obstáculos que enfrentó el proyecto podemos agruparlos en tres categorías: nuevas directrices del FONARSEC en medio de procesos de desembolso que obligaron a rehacer documentación; las distancias entre Mendoza y Buenos Aires que tienen un costo monetario en envíos postales y un costo de tiempo al demorarse en promedio una semana; procesos burocráticos complejos y cerrados en donde un error en el proveedor, el vinculador o el gestor puede implicar más semanas para corregirlo.

El proyecto se comenzó a ejecutar en Junio de 2015 con un tipo de cambio aproximado de \$8,75 por dólar. El último desembolso se ejecutó en Agosto de 2018 a un tipo de cambio superior a \$28 por dólar. La pérdida del poder adquisitivo del proyecto se estimó en un 50% a lo largo de tres años. Un presupuesto inicial de 234.685 U\$S vs. 72.052 U\$S.

El desfase fue cubierto de diversas maneras, por una parte con los aportes del socio Argentec, que ha cumplido el rol de inversor angel, por otra parte aprovechando equipos de menor capacidad que ya tenían en su poder los emprendedores, y rediseñando algunos requerimientos del proyecto por otros más simples y

baratos. El proyecto compite en este momento en el concurso “Tu Mejor Idea” por \$ 500.000 que sería de gran utilidad para el avance del mismo.

### 3.2. Proyecto de Negocios

El proyecto de negocios parte de la siguiente estructura FODA:

<b>FORTALEZAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tecnología desarrollada a nivel de ensayos preliminares</li> <li>2. Plazo validación de la tecnología menor a un año</li> <li>3. Equipo emprendedor con conocimientos técnicos y capacidad de hacer el proyecto</li> <li>4. Costos de industrialización que se estiman menores que los de desarrollo de la tecnología</li> <li>5. Por los resultados del desarrollo preliminar realizado se considera que los riesgos medios son conocidos</li> <li>6. Información relevante conocida sólo por emprendedores</li> <li>7. Protección de la tecnología mediante patentes de cobertura nacional para luego internacionalizar</li> <li>8. La tecnología propuesta representa una mejora sustancial con mejoras en costos apreciables</li> <li>9. Complejidad de producción: es viable un sistema de tercerización más infraestructura de ensamble</li> <li>10. Red de vinculaciones con sinergias para poner en marcha el emprendimiento</li> </ol>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Potencial de mercado</li> <li>2. Mercado nacional de tamaño medio y accesible</li> <li>3. Mercado internacional de gran tamaño</li> <li>4. Tendencia de crecimiento de mercado elevada</li> <li>5. Beneficios esperados importantes</li> <li>6. Aplicaciones industriales conocidas con numerosos usuarios en distintos campos</li> <li>7. Desarrollos previos conocidos de otras tecnologías utilizadas</li> <li>8. Las soluciones tecnológicas actuales disponibles son a elevado costo con menor eficiencia</li> <li>9. Se han identificado empresas con dimensión y capacidad tecnológica adecuadas con interés en la tecnología</li> <li>10. Se han recibido expresiones de interés del atractivo para la industria</li> <li>11. Financiamiento para innovación tecnológica</li> <li>12. Fomento a la creación de empresas de base tecnológica</li> <li>13. Incremento en producción de motos nacional y regional</li> <li>14. Tendencia a vehículos amigables con el medio ambiente</li> </ol>
<b>DEBILIDADES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asimetría en la negociación con fábricas de motos</li> <li>2. Nula experiencia en desarrollo de mercados internacionales</li> </ol>
<b>AMENAZAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incremento previsible de la tendencia de las regulaciones</li> <li>2. Variaciones del tipo de cambio.</li> <li>3. Impedimentos aduaneros para la introducción de componentes electrónicos importados</li> <li>4. Desarrollo de terceros en tecnologías afines con patentes en vigor</li> <li>5. Situación del mercado dominante de un grupo de empresas del sector automotriz</li> </ol>

### 3.3. Gestión de la Organización

La forma de gestionar la organización es con un enfoque al cliente, basándose en los procesos que la componen y que le permiten alcanzar su misión y visión. Se busca un ordenamiento de la gestión institucional, en función de procesos eficientes y eficaces que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes.

Así se espera establecer las bases para que la organización pueda implementar los principios de la Gestión de Calidad según normas ISO 9000 y de Gestión Ambiental ISO 14000 y la Mejora Continua.

Para ello se seguirán los siguientes pasos:



1. Identificar los procesos y su aplicación a través de la organización.
2. Determinar la secuencia e interacción de los procesos.
3. Determinar los métodos y criterios necesarios, tanto para la operación como para el control de estos procesos.
4. Asegurar la disponibilidad de los recursos.
5. Realizar un seguimiento, medición y análisis de éstos procesos.
6. Implementar las acciones de mejora necesarias para alcanzar los resultados.

Una vez consolidada la EBT a escala comercial e industrial, se plantea conformar un Equipo de Dirección del que formarán parte los emprendedores y desarrollar una estructura organizativa profesionalizada con las siguientes capacidades:

- Capacidad de negociación
- Gestionar y desarrollar mecanismos para la apertura de nuevos mercados objetivo
- Promover alternativas para un ensamble especializado, competitivo y enfocado en nuevas tendencias para el mercado regional
- Optimizar la logística para racionalizar costos, a través de consolidación y tercerización
- Desarrollar un portafolio de productos competitivos a nivel mundial
- Gestionar y desarrollar mecanismos para la atracción de inversiones
- Gestionar la homologación de normatividad técnica, certificaciones y promover acuerdos de reconocimiento mutuo con los clientes
- Mantener y mejorar los estándares de sistemas de gestión de calidad para facilitar la competitividad en equipo original y de reposición (tecnologías blandas)
- Impulsar, desarrollar y fortalecer la pertinencia educativa, adecuada al contexto del sector productivo, que contribuya al desarrollo de su capital humano de manera sostenible y que permita incrementar su productividad
- Promover, impulsar y facilitar la capacitación del Capital Humano en Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D + i) de manera sostenible y generar una visión transformadora a largo plazo a través de redes
- Fortalecer los mecanismos de vigilancia y control a la propiedad intelectual
- Desarrollar propuestas de articulación con entidades del Sistema de Innovación para asegurar la continuidad de las iniciativas transversales y sectoriales
- Participar y fortalecer acciones con instituciones empresariales del aglomerado de motopartes

### **3.4. Aspectos Legales**

Según el éxito del desarrollo tecnológico y los acuerdos con potenciales inversores se analizará la posibilidad de otorgar un derecho de explotación para nuevas unidades en el exterior, ya sean 'exclusivas' o 'no exclusivas', es decir si la licencia es otorgada a más de un agente o no, y según incluyan o no cláusulas de acompañamiento, transferencia de know how y colaboración tecnológica.

También se está desarrollando un modelo de utilidad, que otorga una protección para las innovaciones incrementales.

Para nuevos desarrollos se considera la cooperación con instituciones públicas de I+D mediante contratos específicos que respondan a los intereses de la firma y que prevean y anticipen los riesgos y consideren las cuestiones relativas a la publicación de artículos en revistas especializadas sobre los resultados de la actividad de I+D llevada a cabo, ya que esto es de interés primario para las universidades, pero al mismo tiempo permite la difusión de conocimiento que es riesgosa para la empresa.

### **3.5. Estrategias de Marketing**

#### **3.5.1. Relevamiento de Información**

Se produjo información sobre los resultados de las pruebas concepto de la tecnología propuesta desde la perspectiva empresarial.

Para ello se emplearon como fuentes de información la producción, ensayos y verificación de prototipos, más búsqueda de información calificada técnicamente de empresas que estén interesadas en la tecnología, expertos de Argentec OVTT, consultores y los emprendedores. Sus puntos de vista e informaciones fueron completados con estudios de campo y de mercado, que todavía se encuentran en proceso de desarrollo. Asimismo, estos contactos con empresas están siendo de utilidad para considerar posibles vías de comercialización.

Se aplicaron formularios de encuesta a:

- Clientes fabricantes e intermediarios.

- En una segunda etapa, con el producto terminado y en venta se aplicará nuevamente a estos públicos además de usuarios finales: a fin de obtener información sobre la percepción y alinear la estrategia para fidelizarlos.
- Se enviarán encuestas a las principales ciudades y se observarán cambios que se puedan dar.

Como características de la encuesta se contempla preguntas para obtener una descripción de los clientes potenciales, y otras para conocer los atributos más valorados por los clientes al momento de comprar.

De las encuestas y de la investigación de mercado se establecerá una Estrategia de Diferenciación. La empresa se caracterizará por entregar una oferta específica y que actualmente no se encuentra presente en el mercado.

### 3.5.2. Estrategia de Posicionamiento

Hemos detectado las siguientes principales características de los clientes:

- Empresas fabricantes de motos que venden por concesionarios o distribuidores, con gran poder de negociación, acuerdan provisiones de largo plazo con importantes bonificaciones y requieren estándares de calidad muy altos.
- Empresas de partes que venden a consumidores finales gran diversidad de repuestos para modelos con mayores ventas. Realizan pedidos periódicos y se ven atraídos por los descuentos que se les ofrezcan.
- Empresas que realizan las instalaciones, se preocupan por la calidad, ya que parte de su valor agregado es la instalación, por lo tanto si fallan deben realizar nuevamente la instalación pero de forma gratuita.

Se optará por una estrategia de posicionamiento basada en los atributos del producto para llegar a su público objetivo.

Se tendrá en cuenta las siguientes acciones para poder llevar adelante un eficaz posicionamiento:

- Capacitación para explicar detalles del producto, características ambientales y ahorro de combustible. Es muy importante, ya que la fuerza de venta de la empresa es su cara visible y quienes pasan la mayor parte del tiempo con los clientes y conocen sus necesidades, les transmiten los atributos del producto, informan promociones, descuentos por volumen y periodicidad de los pedidos, entre otros. La remuneración de los vendedores se estima será con incentivos a las ventas, que también incentiva la comunicación con los clientes.
- El Gerente Comercial y el Gerente de Operaciones realizarán visitas mensuales a los clientes de regiones para crear lazos de confianza y observar personalmente sus necesidades y el movimiento de ventas.

Por otra parte, se describirán las líneas de productos según las familias que se desarrollen según tipo de moto y segmento. Dadas las características del parque de motos con una gran cantidad de marcas y modelos se desarrollará una fórmula para la formación de los precios y se presentarán los rangos y promedios. Más allá de los descuentos por pedidos periódicos y por volúmenes de ventas, se considera como política de precios manejar un margen de utilidad mínimo y un máximo.

La promoción de la empresa pretenderá destacar los puntos principales de su estrategia: cuidado del medio ambiente, diferenciación por economía de consumo y calidad. Al respecto, contar con una página web 2.0 es una necesidad. Será atractiva para los clientes, se diferenciará a través de la creación de un "Moto Club on line", al cual accederán los clientes y usuarios finales. El Club permitirá ofrecer a sus miembros información relevante por segmento, promociones, garantías extendidas, pero también recabará información de tendencias del mercado.

## 4. CONCLUSIONES

En el marco de los esfuerzos mundiales por reducir el calentamiento global, las soluciones innovadoras que puedan aportar al mismo son bienvenidas y deben ser motivadas por las políticas públicas locales. En el caso de Motores Híbridos Mendoza, producto del esfuerzo personal y el emprendedurismo de Gonzalo, Fernando y Argentec, sumado a la oportunidad de obtener apoyo financiero de la ANPCyT, encontramos un ejemplo de innovación que aporta soluciones potencialmente de gran impacto en el medio.

Con este proyecto se logra por tanto un:

- Mejoramiento en el rendimiento de vehículos propulsados por ruedas con bajo costo, que reducen el uso de combustibles fósiles o mejoran la autonomía de vehículos eléctricos económicos.
- Desarrollo de una tecnología más limpia para vehículos.
- Disminución de las pérdidas por fricción en el frenado, recuperando la energía cinética.

El proyecto se está postulando a obtener financiamiento adicional para poder avanzar con las investigaciones necesarias para desarrollar un producto altamente eficiente y competitivo en el mercado.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Sperling y D. Gordon, *Two Billion Cars*, Oxford: Oxford University Press, 2009.
- [2] H. Onga, T. Mahlia y H. Masjukia, «A review on emissions and mitigation strategies for road transport in Malaysia.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 3516-3522, 2011.
- [3] Cámara de Fabricantes de Motovehículos de la Argentina, «CAFAM,» 1 Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://www.cafam.org.ar/secciones.php?m=11>.
- [4] C. Berggren y T. Magnusson, «Reducing automotive emissions: The potentials of combustion engine technologies and the power of policy,» *Energy Policy*, vol. 41, pp. 636-643, 2012.
- [5] J. M. Álvarez de Novales, *Acción Estratégica*, Madrid: McGraw Hill, 1998.
- [6] A. Hax y N. Majluf, *Gestión de Empresa con una visión estratégica*, Santiago de Chile: Ediciones pedagógicas chilenas S.A., 1994.
- [7] M. E. Porter, *Ser competitivo*, Madrid: Deusto, 2017.
- [8] U.S. Energy Information Administration, «Annual Energy Outlook 2016,» U.S. Department of Energy, Washington, 2016.
- [9] U.S. Energy Information Administration, «U.S. Energy Information Administration,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.eia.gov/tools/>. [Último acceso: Junio 2016].
- [10] Argentec S.R.L. - Argenconsult U.V.T., «Motores Híbridos Mendoza: Plan de Negocios,» Mendoza, 2017.

# Uso de árboles de decisión como herramienta para generar un modelo preventivo de seguridad vial urbana en la ciudad de Trenque Lauquen, Pcia. Buenos Aires

Marcos, Carlos Eduardo\*; Martínez Micakoski, Fernanda; Marcos, Candela

*Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional.  
Racedo 298. Trenque Lauquen, Bs. As., Argentina. marcoscarioseduardo@gmail.com*

## RESUMEN.

La seguridad vial se refiere a las medidas adoptadas para reducir el riesgo de lesiones y muertes causadas en el tránsito. Los traumatismos por accidentes de tránsito son un problema de salud pública a nivel mundial. Argentina, a través de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, adhirió a los objetivos y finalidades del Decenio de Acción para la Seguridad Vial de la ONU. Entre sus acciones se encuentra la de recabar datos a nivel municipal mediante el uso del Formulario Estadístico Único (actualmente) y sus versiones anteriores, desde finales del año 2011.

El presente trabajo se basa en el uso de árboles de decisión como herramienta para generar un modelo preventivo de seguridad vial urbana, de manera de reducir la proporción de personas hospitalizadas por este tipo de eventos.

Las variables predictoras son una herramienta útil para que los agentes de tránsito puedan realizar acciones preventivas en base a la propia idiosincrasia de accidentalidad vial de la comunidad, poniendo en valor los datos registrados en siniestros desde el año 2012 a 2017.

Se utilizó el software libre R como facilitador de investigación estadística reproducible.

Los resultados reflejan que variables asociadas principalmente al factor humano permiten predecir la existencia de lesiones en los participantes de un siniestro.

**Palabras Claves:** siniestralidad vial, modelización, factor humano, random forest, machine learning.

## ABSTRACT

Road safety refers to measures taken to reduce the risk of injuries and deaths caused in transit. Road traffic injuries are a global public health problem. Argentina, through the National Road Safety Agency, adhered to the goals and purposes of the UN's Decade of Action for road safety. Among its actions is to collect data at the local urban level through the use of the single statistical form (currently) and its previous versions, from the end of the year 2011.

This work is based on the use of decision trees as a tool to generate a preventive model of urban road safety, in order to reduce the proportion of people hospitalized by this type of events.

Predictor variables are a useful tool for transit agents to carry out preventive actions based on the community's own idiosyncrasy of road accidents, valuing the data recorded in accidents from 2012 to 2017.

Free software R was used as a facilitator of reproducible statistical research.

The results show that variables mainly associated with the human factor make it possible to predict the existence of injuries in the participants of a claim.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto de investigación “Buenas prácticas en la planificación de asignación de recursos de la Dirección de Tránsito en una ciudad de 50.000 habitantes. Caso de aplicación ciudad de Trenque Lauquen”, homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional se desarrolló una **modelización**, en base a los registros históricos de siniestralidad vial urbana, que facilita la priorización de las variables a tener en cuenta para **minimizar la proporción de participantes que requieren atención médica** como consecuencia de un colisión en la vía pública.

Los registros de tránsito se basan en el **Formulario Estadístico Único** [1] (actualmente) y sus versiones anteriores, desde finales del año 2010, por lo que las variables intervinientes en un siniestro que no puedan ser obtenidas a partir del mismo son ignoradas en el presente trabajo. Adicionalmente se incorporan una serie de variables con información de “causa aparente” que solicitaba la Provincia de Buenos Aires y que fueron relevadas por los agentes de tránsito.

La modelización de los datos pretende **identificar las variables que mejor predicen la hospitalización** de los participantes involucrados en el siniestro de manera que los Agentes de Tránsito puedan realizar tareas preventivas sobre las mismas. Se considera *hospitalización* toda atención médica que no se brinde en el lugar del hecho sino en el Hospital Municipal.

La **Minería de Datos** o **Explotación de Información**, es el proceso de extraer conocimiento útil, comprensible y novedoso de grandes volúmenes de datos, siendo su principal objetivo **encontrar información oculta o implícita**, que no es posible obtener mediante métodos estadísticos convencionales. La entrada al proceso de minería está formada por contenedores de información diversos, esto incluye bases de datos relacionales, almacenes de datos (Datawarehouse), documentos en texto libre, datos de la Web, entre otros [2].

La técnica **SEMMA**, acrónimo de las cinco fases del proceso: Sample (Muestreo), Explore (Exploración), Modify (Modificación), Model (Modelado), Assess (Evaluación), surge en el año 2000 y tiene como fin establecer las etapas principales de un proceso de minería de datos [3].

En los últimos años, los investigadores han empleado cada vez más enfoques basados en **Machine Learning** a los registros de datos de siniestros viales buscando ayudar a comprender los factores causales de las colisiones y la gravedad de las lesiones. Esto permitiría a los responsables de la toma de decisiones formular mejores políticas de control de la seguridad vial.

Chong et. al. [4], aplicaron redes neuronales, árboles de decisión y una combinación híbrida de árboles de decisión y redes neuronales para construir modelos que puedan predecir la severidad de las lesiones. La precisión de clasificación obtenida en sus trabajos revelan que, para las lesiones no incapacitantes, las lesiones incapacitantes y las lesiones fatales, el enfoque híbrido funcionó mejor que la red neuronal y los árboles de decisión. Para la ausencia de lesiones y las distintas clases de lesiones, el enfoque híbrido obtuvo un mejor resultado que la red neuronal. Finalmente, la ausencia de lesiones o no de lesiones podrían modelarse mejor directamente mediante árboles de decisión.

Bravo Rocca et. al. [5], desarrollaron una aplicación con el objetivo de reducir el riesgo de integridad física de los peatones mediante la geolocalización, en tiempo real, de lugares más seguros para caminar posibilitando identificar las áreas que tienen la mayor incidencia de diferentes tipos de incidentes. Esta funcionalidad permite a los usuarios elegir rutas más seguras teniendo en cuenta la información proporcionada para cada sector. Los incidentes considerados fueron: "Incendios", "Atropello de peatones por vehículos", "Colisiones de vehículos", "Despiste de vehículos", "Caída de peatones", "Fuga de gas", "Vuelco de vehículo" e "Inundación". El modelo predictivo que utiliza la Regresión Logística Múltiple obtuvo un rendimiento pobre comparado con el algoritmo Random Forest para este tipo de datos.

Shanti y Ramani [6] publicaron un trabajo donde se enfatiza la importancia de los algoritmos de clasificación de Data Mining en la predicción de los patrones de colisión de vehículos a través de datos históricos de accidentes. Los algoritmos de clasificación C4.5, C-RT, CS-MC4, Decision Tree, ID3, Naïve Bayes y Random Forest se aplicaron para predecir los patrones de colisión de vehículos. Los resultados experimentales indicaron que el algoritmo de clasificación Random Forest logró una mayor precisión que otros algoritmos en la clasificación de la forma de colisión que aumenta la tasa de mortalidad en accidentes de tráfico.

Krishnaveni y Hemalatha [7] investigaron sobre los modelos de clasificación para predecir la gravedad de las lesiones que se producen durante los accidentes de tráfico. Compararon las opciones Naive Bayes Bayesian, AdaBoostM1 Meta, PART Rule, J48 Decision Tree y Random Forest para clasificar el tipo de severidad de lesión de 34.500 accidentes de tráfico. El resultado final demostró que el clasificador de Random Forest supera a los otros cuatro algoritmos.

El objetivo principal de este trabajo es obtener las variables predictoras de hospitalización en base a los datos de siniestralidad vial históricos aplicando la técnica de agregación de múltiples árboles de clasificación mediante remuestreo (**random forest**) utilizando software libre [8].

## 2. METODOLOGÍA

El proceso de análisis se basó en la técnica SEMMA.

Para realizar este trabajo se accedió a la base de datos con registros de siniestros mantenida por investigadores de la Facultad Regional Trenque Lauquen de la Universidad Tecnológica Nacional en el marco de proyectos de seguridad vial en la ciudad desde el año 2011 a la fecha en forma ininterrumpida.

Se conformó un archivo con todas las observaciones y se importó para ser procesado mediante el software libre R.

Durante la exploración de las variables se determinó que la vista minable posee 76 variables y 4.895 observaciones. La primera es del 01 de Diciembre de 2011 y la última del 21 de Abril de 2018. La variable a predecir es “*hospitalizado*”.

Se generaron nuevas variables relacionadas con el tiempo a partir de la variable *fecha*, como hora, día de la semana (lunes a domingo), semana del mes (primera a cuarta), mes y año, procediendo a eliminar la variable original *fecha*.

Se eliminaron variables cuya metodología de registración es arbitraria para modelar, como por ejemplo la calle, la altura, entre calles, etc. El mismo criterio se siguió con aquellas variables en las que había subregistro o el mismo era dudoso.

Se auditaron los datos en base a información adicional como pertenencia o no a la zona (urbana, suburbana, rural, ruta), el momento del día en base al registro de salida y puesta del sol, la presencia o no de rotondas y semáforos en el lugar del evento, cercanía del paso a nivel, etc. Se utilizó la redundancia de información en las variables para corregir errores de registro en las observaciones.

Las variables disponibles se agruparon en base al modelo de la Matriz de Haddon [9] y se eliminaron todas aquellas sobre las que no es posible actuar de manera preventiva, es decir, las que no son anteriores al evento.

Para poder modelizar se identificaron las variables con datos faltantes y se completaron dichos valores con la leyenda ‘Na’ para generar los modelos y luego evaluar la coherencia del mismo en base a las variables predictoras seleccionadas.

Para permitir que las variables temporales sean representativas de los datos se tomaron observaciones de años completos, por lo que se limitaron las observaciones al rango de años 2012 a 2017 inclusive.

Para la modelización la tabla minable contenía 43 variables y 3.410 observaciones. A continuación se puede observar el listado de las mismas (ver Tabla 1 y 2):

**Tabla 1. Variables de estudio cualitativas.**

Variable	Posibles Valores	Variable	Posibles Valores
Lugar Vía Pública	Curva – Recta - Intersección	Causa Aparente Embestir Animal	Si - No
Tipo de Vía	Calle – Otro - Distribuidor - Paso a nivel FF.CC. - Rotonda	Causa Aparente Mal Vehículo	Si - No
Estado Bueno	Sí - No	Causa Aparente Maniobra Riesgosa	Si - No
Estado Baches	Sí - No	Causa Aparente Meteorología Adversa	Si - No
Estado Ahuellamiento	Sí - No	Vehículo	Auto – Bici – Moto – Nc – Otro - Peatón Utilitario
Estado Mojado	Sí - No	Hospitalizado	Si - No
Estado Escarcha	Sí - No	Sexo	F - M
Estado Resbaladizo	Sí - No	Cinturón	Si – No – Nc
Tiempo	Bueno – Lluvia - Granizo – Llovizna - Nublado	Casco	Si – No – Nc
Viento Fuerte	Sí – No	Ubicación en el Vehículo	Conductor - Acompañante delantero - Acompañante trasero - Acompañante v2r - Nc
Niebla	Sí – No	Licencia Vehículo	Si – No – Nc
Luminosidad	Amanecer – Día – Noche - Atardecer	Seguro Vehículo	Si – No – Nc

Luz Artificial	Sí – No	VTV Vehículo	Si – No – Nc
Prioridad Semáforo	Sí – No	Cuadrícula geográfica	Matriz A0 a E5
Prioridad Señal Ceda el Paso	Sí – No	Semana	Primera, Segunda, Tercera, Cuarta
Prioridad Marca Vial	Sí – No	Día de la Semana	Lun, Mar, Mie, Jue, Vie, Sab, Dom
Prioridad Rotonda	Sí – No	Hora	0 a 23
Prioridad Ninguna	Sí – No	Causa Aparente Distracción	Sí – No
Vía Dividida	Cordón o boulevard divisorio –Guardarrail – Línea divisoria – Otro – Ninguna	Causa Aparente Enfermedad	Sí – No
Causa Aparente Cansancio	Sí – No	Causa Aparente Exceso Velocidad	Sí – No
Causa Aparente Deficiencia Vía	Sí – No		

Tabla 2. Variables de estudio cuantitativas.

Variable	Posibles Valores	Variable	Posibles Valores
Edad	0 a 99	Mes	1 a 12

Se verificó qué variables predictoras poseían valor único (varianza cero) o cuáles poseían pocos valores únicos en relación al número de observaciones y la mayor tasa entre la frecuencia del más común de los valores respecto a la frecuencia del segundo valor más común para determinar si se los mantenía o excluía del modelo [10].

Se dividió el dataset en dos partes, el 70% para entrenamiento y el 30% restante para testeo. Se verificó que la proporción de la variable respuesta en ambas fuera similar.

Las variables de tipo *carácter* se convirtieron a *factor*.

Se activó el procesamiento en paralelo con tres núcleos en la computadora de análisis, cuyas características son Intel I5-3330 con 8 GB de memoria RAM.

Se aplicó la modelización mediante aprendizaje automático utilizando *random forest*. Inicialmente con los parámetros por defecto para el paquete *randomForest* [11], y luego se optimizaron los parámetros: número de variables como candidatas para cada división y número de árboles para el mínimo error de out-of-bag.

La evaluación de la performance del modelos se basó en la tasa de acierto y el área bajo la curva ROC (Receive Operating Characteristics) [12].

Finalmente se analizó la dependencia parcial de las principales variables predictoras [13] del modelo random forest en función de la variable *hospitalizado*.

En nuestro país el 89,5% de los siniestros se producen por error humano de acuerdo con la información del Centro de Experimentación y Seguridad Vial [14], un 88% de los accidentes tienen como causa principal al factor humano, seguido por cuestiones del medio (10%) y del automóvil (2%). El informe advierte que generalmente participan varios factores al mismo tiempo, por eso se releva cuál es el que tuvo más incidencia en el hecho. Es esperable que las variables más significativas para el modelo estén asociados a la conducta humana, por sobre el entorno y el vehículo.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Visualmente se procedió a conocer la distribución de las variables en función de la variable hospitalizado. Un ejemplo de variable continua se puede observar en la distribución de *edad* (ver Figura 1). En gris se representan las observaciones donde el participante no requirió atención médica en el hospital municipal y en naranja los que sí requirieron algún tipo de atención, ya sea en la guardia, internación en sala común, cuidados intensivos o morgue en caso de fallecimiento. Participantes de todas las edades han resultado ilesos o con lesiones, pero la proporción con mayor hospitalización se produce hasta los 30 años.

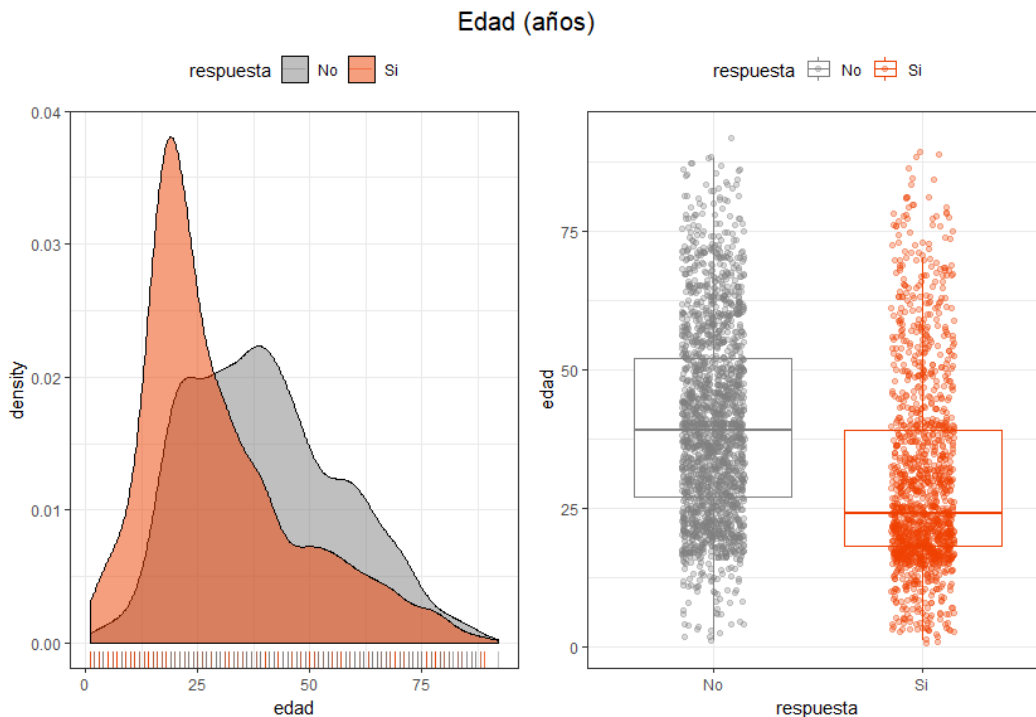


Figura 1 Distribución de la variable Edad respecto de la variable respuesta Hospitalizado.

Para el caso de variables categóricas, resulta ilustrativo el ejemplo de *vehículo* (ver Figura 2 y Tabla 1).

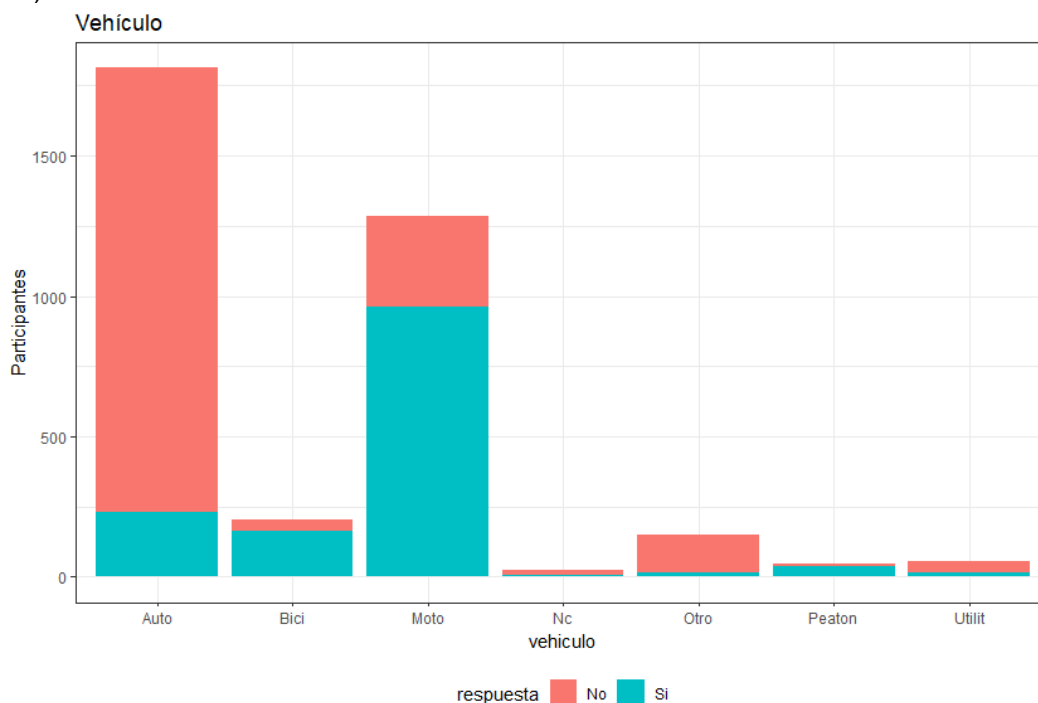


Figura 2 Distribución de la variable Vehículo respecto de la variable respuesta Hospitalizado

Tabla 1 Proporción de participantes hospitalizados por tipo de movilidad

<b>Vehículo</b>	<b>No hospitalizado</b>	<b>Sí hospitalizado</b>
Automóvil	0.87	0.13
Bicicleta	0.20	0.80
Motocicleta	0.25	0.75
Sin registrar	0.80	0.20
Otra movilidad	0.90	0.10
Peatón	0.11	0.89
Utilitario	0.75	0.25

Cuando una variable tiene varianza igual o cercana a cero suele añadir al modelo más ruido que información, por lo que debe evaluarse si es conveniente excluirla. Si alguno de los niveles de una



variable cualitativa tiene muy pocas observaciones en comparación a los otros niveles, existe la posibilidad que, durante la validación cruzada o bootstrapping, algunas particiones no contengan ninguna observación de dicha clase, lo que puede dar lugar a errores. La evaluación de valores únicos y varianzas cercanas a cero arrojó los siguientes resultados para las 20 variables más comprometidas (ver Tabla 2):

Tabla 2 *Valores únicos y varianzas cercanas a cero*

Variable	Ratio de frecuencias	% de Valores únicos	Varianza nula	Varianza cercana a cero
estadoEscarcha	1.691,50	0,0590842	FALSE	TRUE
vientoFuerte	845,25	0,0590842	FALSE	TRUE
prioridadSenalCedaPaso	676,00	0,0590842	FALSE	TRUE
niebla	281,08	0,0590842	FALSE	TRUE
estadoAhuellamiento	210,56	0,0590842	FALSE	TRUE
prioridadRotonda	198,11	0,0590842	FALSE	TRUE
estadoBaches	115,72	0,0590842	FALSE	TRUE
estadoResbaladizo	90,48	0,0590842	FALSE	TRUE
causaCansancio	79,59	0,0590842	FALSE	TRUE
causaEmbistirAnimal	74,22	0,0590842	FALSE	TRUE
causaEnfermedad	71,02	0,0590842	FALSE	TRUE
causaMalEstadoVehiculo	66,70	0,0590842	FALSE	TRUE
causaMeteorologiaAdversa	42,39	0,0590842	FALSE	TRUE
causaDeficienciaVia	28,18	0,0590842	FALSE	TRUE
nroUbicacionVehiculo	14,89	0,1772526	FALSE	FALSE
prioridadSemaforo	14,31	0,0590842	FALSE	FALSE
Tiempo	14,05	0,1772526	FALSE	FALSE
causaExcesoVelocidad	13,10	0,0590842	FALSE	FALSE
estadoMojado	12,12	0,0590842	FALSE	FALSE

Ratio de frecuencias: ratio entre la frecuencia del valor más común y la frecuencia del segundo valor más común.

Porcentaje de valores únicos: número de valores únicos dividido entre el total de muestras (multiplicado por 100).

Dado que ninguna posee varianza cero se las mantuvo en el modelo para luego analizarlas en caso que se encuentren entre las variables predictivas más importantes.

La proporción de la variable respuesta (hospitalizado) positiva fue del 41% de las observaciones.

Los grupos de datos de entrenamiento y de testeo obtuvieron similar proporción respecto de la variable hospitalizado (ver Tabla 3):

Tabla 3 Proporción de la variable respuesta en los *datasets* de *entrenamiento* y *testeo*

<i>respuesta</i>	<i>Proporción</i>
No	0.589
Sí	0.411

El *modelo 1* con los parámetros por defecto de la función *randomforest* obtuvo una tasa de error para las observaciones out-of-bag de 17,27% y la matriz de confusión que se observa a continuación (ver Figura 2).

```
call:
  randomForest(formula = respuesta ~ ., data = datos_train_rf, importance = TRUE)
  Type of random forest: classification
  Number of trees: 500
  No. of variables tried at each split: 6

  OOB estimate of error rate: 17.24%
  Confusion matrix:
  No Si class.error
  No 1159 252 0.1785967
  Si 161 823 0.1636179
```

Figura 2 *Tasa de error OOB y Matriz de confusión del modelo 1*

La optimización del número de variables como candidatas para cada división mediante la estrategia de *random search* con el paquete *caret* [15] fue de 10 (ver Figura 3).

Accuracy es el porcentaje de instancias correctamente clasificadas respecto del total de instancias. Es más útil en una clasificación binaria que en los problemas de clasificación multiclase porque puede ser menos claro cómo se desglosa exactamente la precisión entre esas clases.

Kappa o Kappa de Cohen es como la precisión de clasificación, excepto que excluye de la concordancia observada aquella que es debida al azar en el conjunto de datos. Es una medida más útil para usar en problemas que tienen un desequilibrio en las clases.

#### Random Forest

```
2395 samples
 42 predictor
  2 classes: 'No', 'si'
```

#### No pre-processing

```
Resampling: Cross-validated (10 fold, repeated 3 times)
summary of sample sizes: 2154, 2156, 2156, 2156, 2156, 2155, ...
Resampling results across tuning parameters:
```

mtry	Accuracy	Kappa
10	0.8286786	0.6493395
12	0.8274182	0.6466923
13	0.8275640	0.6471088
16	0.8265860	0.6452129
23	0.8256161	0.6433876
31	0.8251994	0.6425122
33	0.8245021	0.6411793
46	0.8233910	0.6387273
53	0.8225553	0.6369325
61	0.8214425	0.6346381
62	0.8231068	0.6378762
103	0.8200455	0.6316389
106	0.8203273	0.6320514
130	0.8189361	0.6293714

Accuracy was used to select the optimal model using the largest value. The final value used for the model was mtry = 10.

Figura 3 Número de variables como candidatas para cada división por el método de random search

Y su representación gráfica (ver Figura 4).

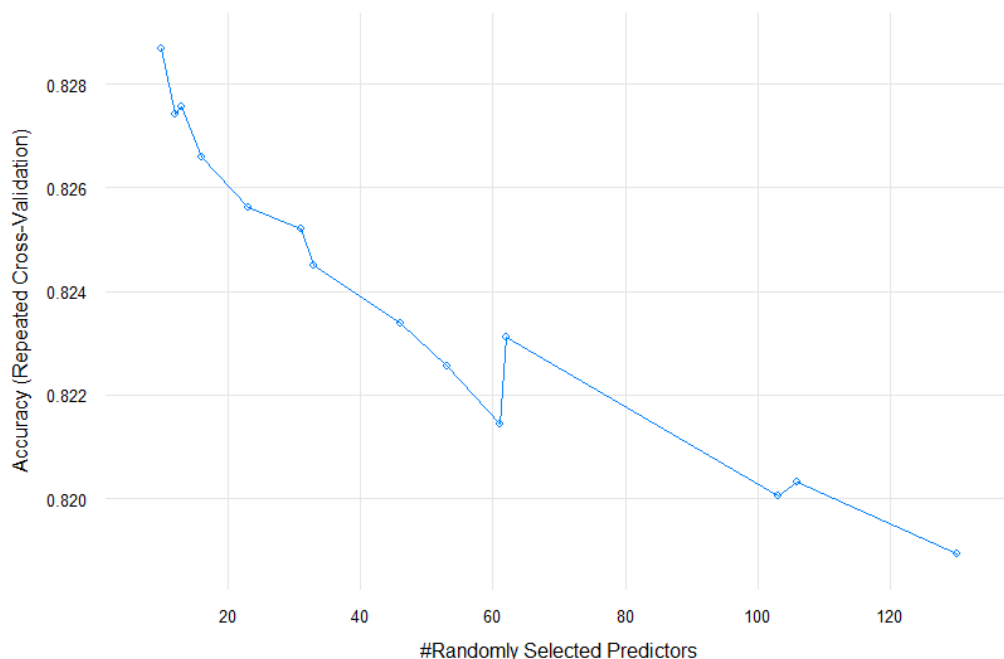


Figura 4 Representación gráfica del número de variables como candidatas para cada división por el método de random search

Mediante el método *grid search*, verificamos la mayor exactitud entre un listado de cantidad de variables para cada división que van de 2 a 17, por lo que contiene los valores por defecto (6) y el óptimo para el algoritmo de *random search* (10). A continuación los resultados (ver Figura 5).

## Random Forest

2395 samples  
42 predictor  
2 classes: 'No', 'Si'

No pre-processing

Resampling: Cross-validated (10 fold, repeated 3 times)

Summary of sample sizes: 2154, 2156, 2156, 2156, 2156, 2155, ...

Resampling results across tuning parameters:

mtry	Accuracy	Kappa
2	0.8087785	0.6014173
3	0.8281184	0.6468970
4	0.8295097	0.6504543
5	0.8288140	0.6493877
6	0.8278401	0.6472985
7	0.8292348	0.6502786
8	0.8290953	0.6500099
9	0.8275646	0.6468463
10	0.8268696	0.6454859
11	0.8276989	0.6472208
12	0.8288158	0.6496613
13	0.8270056	0.6460214
14	0.8263082	0.6444298
15	0.8267249	0.6454231
16	0.8268650	0.6456946
17	0.8260281	0.6441167

Accuracy was used to select the optimal model using the largest value.  
The final value used for the model was mtry = 4.

Figura 5 Número de variables como candidatas para cada división por el método de random search

Gráficamente, y en diferente escala respecto del gráfico 4, podemos observar las variaciones en la exactitud en función de las variables candidatas para cada división.

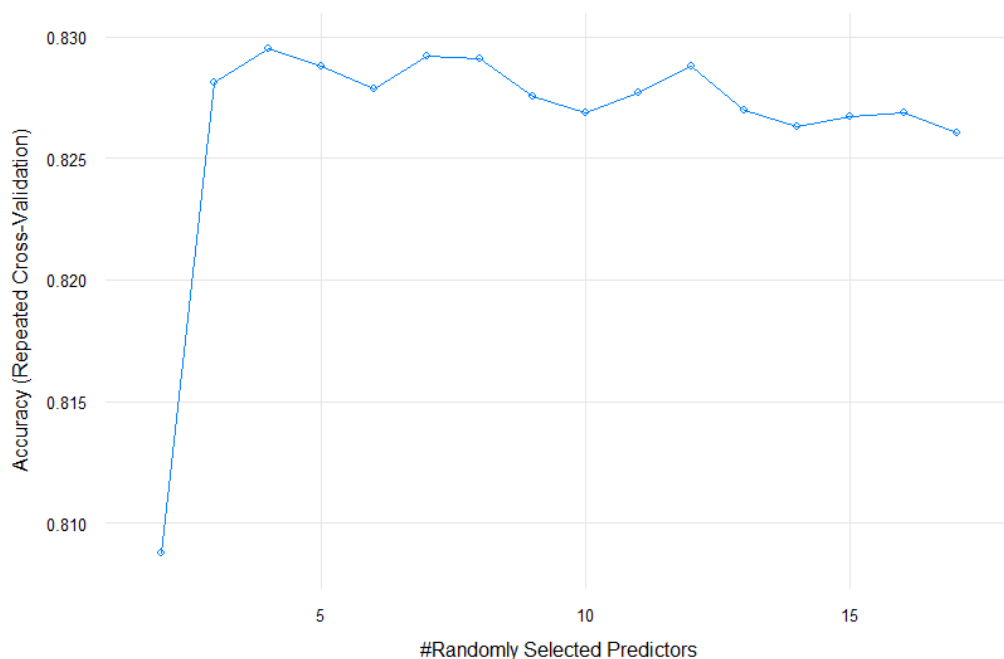


Figura 6 Representación gráfica del número de variables como candidatas para cada división por el método de grilla search

Por último, la optimización del parámetro mediante la función 'tuneR' del paquete *caret* generó un valor de 3 (ver Figura 7).

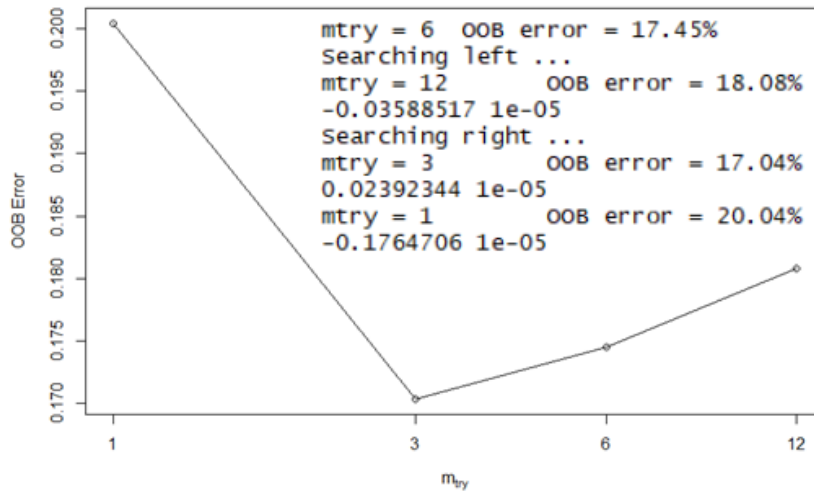


Figura 7 Representación gráfica del número de variables como candidatas para cada división por el método de tuneRF

Como el valor de error de out-of-bag obtenido en la última opción es el menor y adicionalmente pertenece al mismo paquete con que se realiza el método de *random forest* se optó por el valor de 3 para la cantidad de variables candidatas para cada división de los árboles.

A partir del nuevo *modelo 2* se observó que en general para una modelización de más de 200 árboles no mejora la tasa de error estimada de out-of-bag (ver Figura 8) por lo que se optará por este número de árboles para modelizar.

```
call:
  randomForest(formula = respuesta ~ ., data = datos_train_rf, importance = TRUE, mtry = 3)
  Type of random forest: classification
  Number of trees: 500
  No. of variables tried at each split: 3
```

OOB estimate of error rate: 16.83%  
 Confusion matrix:  
 No Si class.error  
 No 1167 244 0.1729270  
 Si 159 825 0.1615854

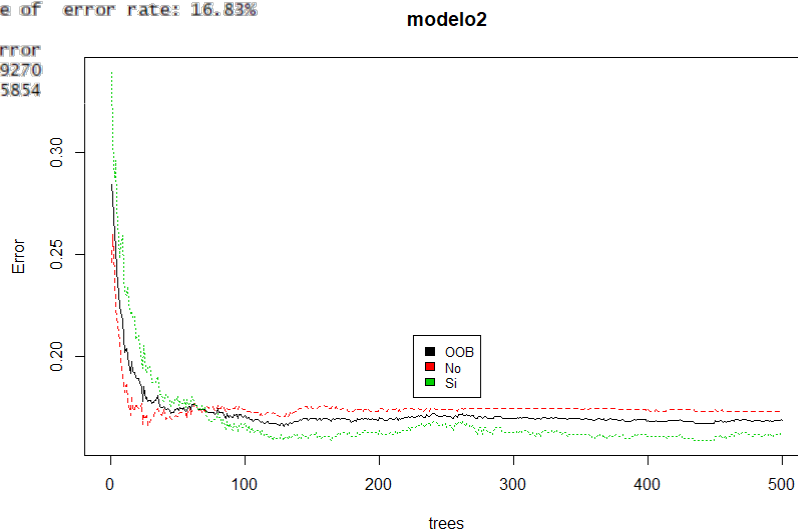


Figura 8 Tasa de error estimada de out-of-bag para el modelo 2 en función del número de árboles utilizado

A partir de los parámetros óptimos definidos se calculó el modelo final con los siguientes resultados (ver Figura 9).

```
Call:
  randomForest(formula = respuesta ~ ., data = datos_train_rf, importance = TRUE, mtry = 3, ntree = 200)
  Type of random forest: classification
  Number of trees: 200
  No. of variables tried at each split: 3
```

OOB estimate of error rate: 17.04%  
**modelo3**  
 Confusion matrix:  
 No Si class.error  
 No 1164 247 0.1750532  
 Si 161 823 0.1636179

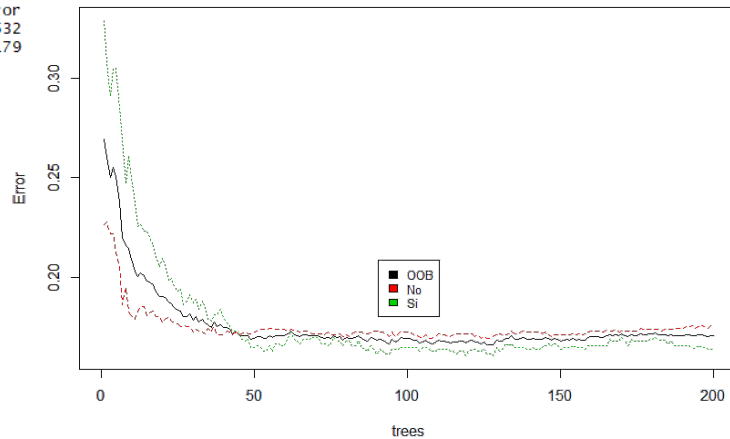


Figura 9 Modelo 3 'óptimo'

Para conocer qué variables fueron las más *importantes* en la construcción del modelo graficamos la disminución media de la precisión. Cuanto más disminuye la precisión del Random Forest debido a la exclusión (o permutación) de una sola variable, más importante se considera que esa variable es. En el ranking de importancia de las variables predictoras del modelo se observa en primer lugar el tipo de movilidad del participante, su edad y sexo, atributos asociados a la forma de utilizar el vehículo y la ubicación geográfica donde ocurrió el siniestro (ver Figura 10).

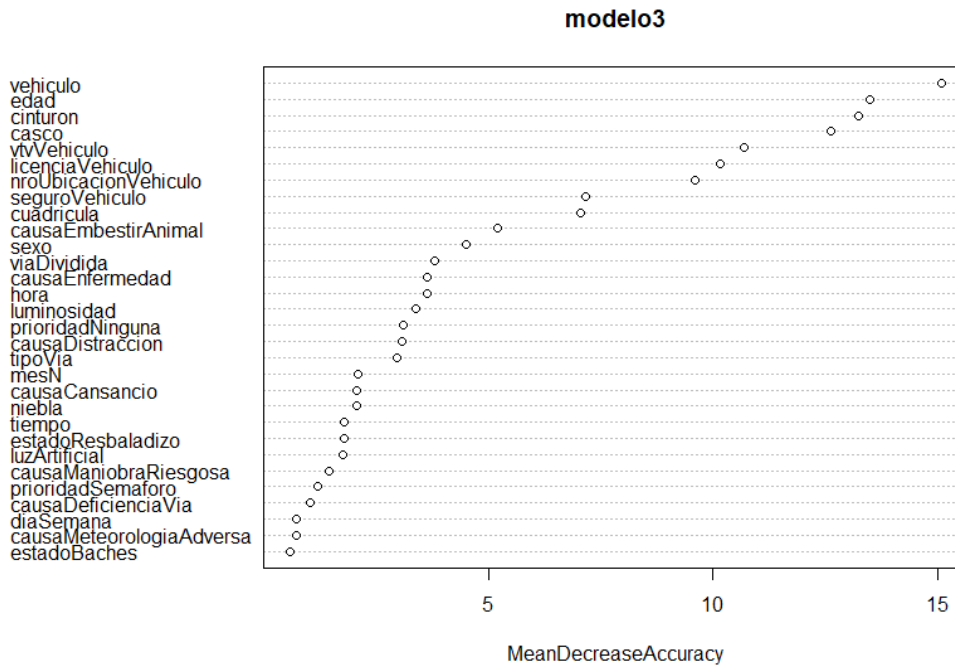


Figura 10 Importancia de las variables del modelo óptimo

A partir de la matriz de confusión para la predicción realizada con el modelo óptimo sobre los datos de testeo se obtiene que la exactitud predictiva predictiva fue de 81,17% (ver Tabla 4).

Tabla 4 Matriz de confusión para los datos de testeo con el modelo óptimo

		<i>Real</i>	
		<i>No</i>	<i>Sí</i>
<i>Predicció</i> <i>n</i>	<i>No</i>	485	74
	<i>Sí</i>	119	347

El área bajo la curva ROC para los datos de testeo fue de 0.859 con un intervalo de confianza de 0.836 a 0.883 (ver Figura 11).

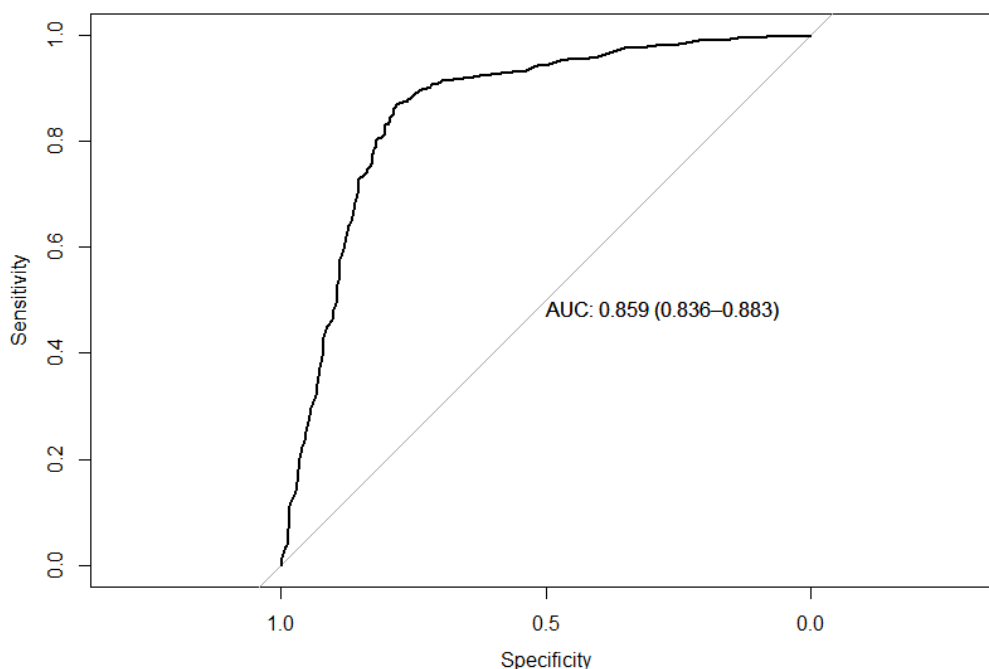


Figura 11 Área bajo la curva ROC e intervalo de confianza

La dependencia parcial de las principales variables predictoras se pueden observar en la siguiente gráfica (ver Figura 12).

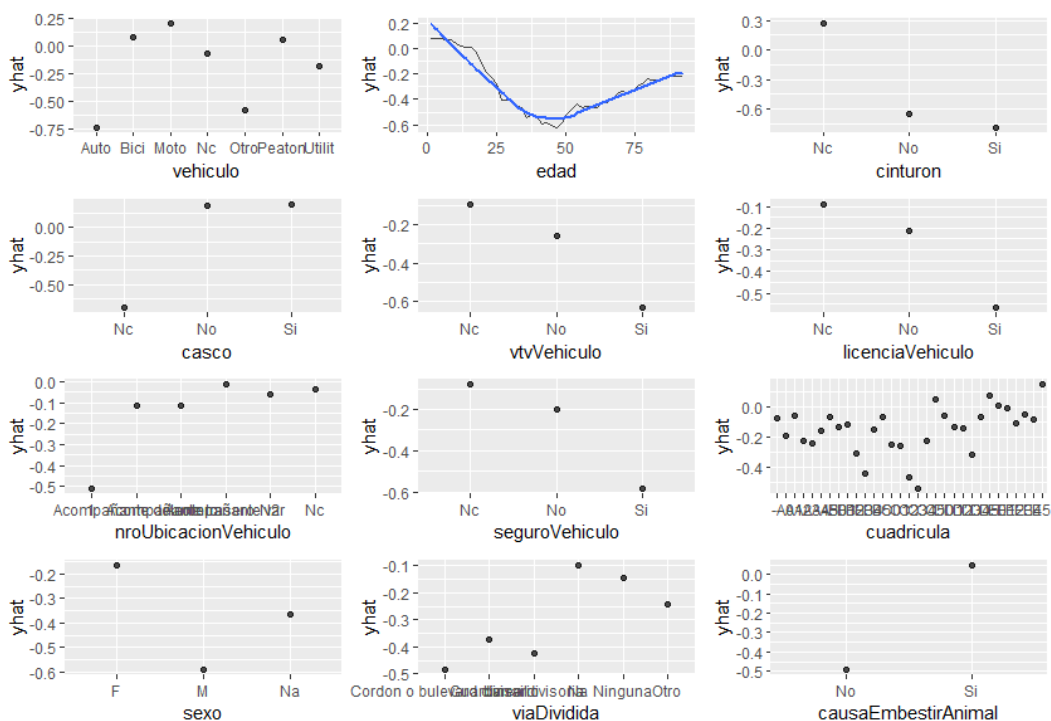


Figura 12 Dependencia parcial de las 12 variables predictoras con mayor importancia

#### 4. CONCLUSIONES.

A partir de los datos relevados en el Formulario Estadístico Único es posible predecir la variable *hospitalizado* con una exactitud del 81% en áreas urbanas mediante un modelo de *random forest*.

Las variables predictoras más importantes están relacionadas con:

- el tipo de movilidad: vehículo
- caracterización del participante: edad, sexo, ubicación dentro del vehículo
- utilización de los elementos de seguridad vial: cinturón, casco.
- aptitud del conductor y el vehículo: licencia, seguro, VTV.
- zona de la ciudad: cuadrícula

Se verifica que de las cinco variables con mayor peso, 3 de ellas están asociadas directamente al factor humano, en concordancia con los estudios previos mencionados sobre el tema.

También surge la causa aparente de resultar hospitalizado por evitar embestir un animal en la vía pública.

A partir de estas variables es posible generar acciones de prevención a través de los medios de comunicación locales, cursos de capacitación y operativos de los agentes de tránsito.

Los próximos pasos serán generar una aplicación en entorno web que permita a los agentes de tránsito discriminar las variables predictoras por cuadrícula, día de la semana y hora, de manera que los controles de sensibilización sobre seguridad vial sean más eficientes.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] Ministerio del Interior y Transporte. (2016). "Disposición 456/2014 AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL". Recuperado 9 de septiembre de 2018, de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=259461>.
- [2] Hernández Orallo, Ramírez Quintana y Ferri Ramirez. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Editorial Pearson Prentice Hall. España. ISBN 84-205-4091-9.
- [3] SAS Institute: Data Mining and the Case for Sampling. (1998). [http://nas.uhcl.edu/boetticher/ML\\_DataMining/SAS-SEMMA.pdf](http://nas.uhcl.edu/boetticher/ML_DataMining/SAS-SEMMA.pdf). Recuperado el 17 de agosto de 2018.
- [4] Chong M., Abraham A., Paprzycki M. (2004). "Traffic Accident Data Mining Using Machine Learning Paradigms", *Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'04)*, Hungary, ISBN 9637154302, pp. 415- 420.
- [5] Rocca G., Castillo-Cara M., Levano R., Herrera J. & Orozco-Barbosa L. (2016). *Citizen security using machine learning algorithms through open data*. 2016 8th IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM) (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/LATINCOM.2016.7811562>
- [6] Shanthi, S., Ramani R. (2011). "Classification of Vehicle Collision Patterns in Road Accidents using Data Mining Algorithms", *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 35– No.12, December 2011*, pp 30-37.
- [7] S. Krishnaveni, M. Hemalatha, "A Perspective Analysis of Traffic Accident using Data Mining Techniques", *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 23– No.7, June 2011*.
- [8] R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [9] Haddon, W., Jr. (1968). "The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based". *Am J Public Health* 58: 1431-1438.
- [10] Kuhn, M., and Johnson, K. (2013). "Applied Predictive Modeling". Springer.
- [11] A. Liaw and M. Wiener (2002). *Classification and Regression by randomForest*. R News 2(3), 18--22.
- [12] Fawcett, T. (2006). "An introduction to ROC analysis", *Pattern Recognition Letters*, 27, 861-874.
- [13] Brandon M. Greenwell (2017). pdp: An R Package for Constructing Partial Dependence Plots. *The R. Journal*, 9(1), 421--436. URL <https://journal.r-project.org/archive/2017/RJ-2017-016/index.html>.
- [14] CESVI, "Reconstrucción de Accidentes de Tránsito realizados por CESVI - Histórico 2004 - 2dosem\_2016.pdf". (s.f.). Recuperado de [https://home.cesvi.com.ar/WebSitesFiles/CesviArgentina/RAT%20-%20Historico%202004%20-%202do%20sem\\_2016.pdf](https://home.cesvi.com.ar/WebSitesFiles/CesviArgentina/RAT%20-%20Historico%202004%20-%202do%20sem_2016.pdf)
- [15] Max Kuhn. Contributions from Jed Wing, Steve Weston, Andre Williams, Chris Keefer, Allan Engelhardt, Tony Cooper, Zachary Mayer, Brenton Kenkel, the R Core Team, Michael Benesty, Reynald Lescarbeau, Andrew Ziem, Luca Scrucca, Yuan Tang, Can Candan and Tyler Hunt. (2018). "caret: Classification and Regression Training". *R package version 6.0-80*. <https://github.com/topepo/caret/>.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Dirección de Protección Ciudadana de la Municipalidad de Trenque Lauquen por su colaboración en el registro de los siniestros viales desde el año 2012 a la fecha.

# Estudio de la Gestión del Desarrollo de Productos en industrias productoras de bienes intermedios y finales

Arcusin, Leticia\*; De Greef, Melisa; Rossetti, Germán

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral  
Santiago del Estero 2829. larcusin@fiq.unl.edu.ar*

## RESUMEN

El proceso de desarrollo de productos (en adelante, PDP) se refiere a las actividades tendientes a generar nuevos productos, ya sea introduciendo modificaciones en un producto existente o produciendo otro completamente nuevo. En el sector industrial, estas tareas revisten una importancia crucial, debido al escenario altamente competitivo donde se desarrollan las empresas, por ello existe un creciente interés en la gestión de este proceso. En este sentido, pueden observarse diferencias entre las industrias que producen bienes intermedios (los que se emplean para ser transformados o incorporados a la producción de otros) y bienes finales (aquellos que se destinan a satisfacer al consumidor final).

El objetivo del presente trabajo consiste en diagnosticar la situación actual del PDP en empresas productoras de alimentos del Gran Santa Fe, tanto de bienes intermedios como finales. Para ello, se construyeron variables y categorías de análisis, y se entrevistaron 18 firmas.

Entre las principales conclusiones se evidencia que algunas de las empresas disponen de metodologías y prácticas internalizadas para la Gestión del PDP. Además, existen diferencias en relación a los niveles de detalle que presenta la sistematización de las variables seleccionadas para el diagnóstico del PDP. Se observan, también, distinciones entre las actividades realizadas a lo largo del PDP (que la literatura agrupa en las macrofases Pre-Desarrollo, Desarrollo y Pos-Desarrollo), características que pueden asociarse al tipo de bien que elaboran las empresas: las industrias productoras de bienes intermedios presentan mayor grado de formalidad en las actividades de la macrofase Desarrollo, mientras que las productoras de bienes finales evidencian una distribución más equilibrada de formalidad entre las tres macrofases.

**Palabras Claves:** Proceso de Desarrollo de Productos, Gestión, Bienes intermedios y finales.

## ABSTRACT

Product development process (hereinafter, PDP) refers to the activities aimed to generate new products, either by introducing modifications in an existing one or producing a completely new one. In the industrial sector, these tasks are crucial, due to the highly competitive scenario in which companies develop. This explains a growing interest in the management of this process. In this sense, differences can be observed between the industries that produce intermediate goods (those that are used to be transformed or incorporated into the production of others) and final goods (those that are destined to satisfy the final consumer).

The aim of this work is to analyze current situation of PDP in food producing companies of Santa Fe (Argentina), both intermediate and final goods. For this, variables and categories were constructed, and 18 firms were interviewed.

Among the main conclusions, it is evident that some of the companies have internalized methodologies and practices for PDP Management. In addition, there are differences in relation to the levels of detail presented by the systematization of the activities involved in the PDP. There are also distinctions between the activities carried out along the PDP (that the literature groups in macro-phases Pre-Development, Development and Post-Development), characteristics that can be associated to what companies elaborate: industries producing intermediate goods present greater development of Development, while the producers of final goods show a more balanced development between the three macro-phases.



## 1. INTRODUCCIÓN

El escenario donde se desarrollan las empresas se caracteriza por un creciente interés por la oferta de productos con fuerte orientación al consumidor [1]. Ello es especialmente válido en la industria alimenticia, un sector maduro donde la competencia obliga a generar nuevos productos que permitan mantener y conquistar nuevos mercados [2, 3]. Esta situación conlleva un creciente interés por el desarrollo de productos.

Desde la óptica de Proceso de Negocio –entendido, siguiendo a Kotler [1], como un conjunto de actividades realizadas en una secuencia lógica con el objetivo de producir un bien o servicio para un grupo específico de clientes internos o externos–, el proceso de desarrollo de productos (en adelante, PDP) consiste en la generación de información y recursos con el objeto de ofrecer valor para los clientes y los interesados [4]. Los principales objetivos del PDP se orientan a desarrollar productos nuevos, o modificar productos existentes, atendiendo los intereses y preferencias del consumidor y optimizando metas de calidad, tiempos y costos de desarrollo [5].

La visión de procesos implica identificar y mejorar los procesos de la empresa (en este caso el PDP). De esta manera, es deseable para las organizaciones incrementar su Nivel de Madurez del PDP, definido a partir de la aplicación de mejores prácticas en dicho proceso -desde la concepción del producto hasta su lanzamiento y seguimiento en el mercado- y abarca desde niveles básicos (actividades aleatorias, sin planificación ni repetición) hasta niveles avanzados (estructuración y estandarización) [6].

Resulta esencial, entonces, conocer primero cómo llevan adelante el PDP las empresas indagando prácticas y actividades, y determinar el nivel de madurez en el que se encuentran [7].

El objetivo del presente trabajo es realizar un diagnóstico de la situación actual del PDP en empresas productoras de alimentos del Gran Santa Fe, tanto de bienes intermedios como finales. Cabe aclarar que los bienes intermedios son aquellos que deben sufrir al menos un proceso más para lograr su forma final, es decir, los que se emplean para ser transformados o incorporados a la producción de otros, y los bienes finales, los que han sufrido todos los procesos de producción necesarios para su forma final y que se destinan a satisfacer al consumidor final [1].

Para alcanzar el objetivo propuesto, se construyen variables de análisis que permiten clasificar los datos obtenidos y, a partir de esta información, se relacionan las empresas con los tres Niveles de Madurez propuestos: Básico, Intermedio y Avanzado.

La bibliografía que sirvió de base para la construcción de las variables, subvariables y categorías fueron los modelos propuestos por: Rozenfeld et al. [4], que describen un modelo unificado para el desarrollo de productos, Echeveste [8], quien presenta una estructuración del PDP para empresas que no cuentan con un proceso formalizado, y Penso [9], que propone un modelo para empresas alimenticias de Brasil.

Cabe destacar que el trabajo se enmarca en un Proyecto de Investigación orientado a proponer un Modelo de Gestión del PDP para empresas productoras de alimentos de la Provincia de Santa Fe (Argentina) en base al diagnóstico de empresas de diferentes sectores de actividad [10, 11]

## 2. METODOLOGÍA

La investigación en la que se enmarca este trabajo es de carácter exploratorio-descriptivo [12]. Luego de una búsqueda bibliográfica, se elaboró una serie de variables, subvariables y categorías que permiten diagnosticar la situación del PDP en las organizaciones, se realizaron 18 entrevistas semi-estructuradas a empresas productoras de alimentos de la región definida (identificadas con las letras “A” a “R” para mantener la confidencialidad), y, a partir de la información obtenida, se definió el nivel de madurez del proceso en cada una de ellas. Las entrevistas fueron realizadas durante el segundo semestre del año 2017.

Las empresas seleccionadas forman parte del universo de análisis definido para el Proyecto de Investigación: empresas alimenticias del Gran Santa Fe que hayan realizado acciones de desarrollo de productos en el último año. Dichas empresas pertenecen a tres sectores de actividad, seleccionados en función de su importancia para la región y definidos en base a la clasificación propuesta para la Industria Manufacturera por el Clasificador Nacional de Actividades Económicas 2010 (CLANAE 2010) en el código 10 y que, a los efectos de su simplificación se agruparon en: lácteos, insumos y carnes.

A partir de los modelos mencionados en el apartado anterior [4, 8 y 9] se construyeron variables, subvariables y categorías de análisis, y los aportes de dichos autores también sirvieron para definir tres Niveles de Madurez en el PDP: Básico, Intermedio y Avanzado.

En función de las variables, subvariables y categorías elaboradas, se examinó y clasificó cada empresa, y, a partir de un análisis de frecuencia simple, se asoció a uno de los niveles de madurez propuestos.

La Tabla 1 expone las variables, subvariables y categorías construidas para clasificar a las empresas, lo que permite diagnosticar su situación actual en relación al PDP.

Variable	Subvariable	Categorías
<b>ESTRUCTURA DE DESARROLLO</b>  Relevancia que la organización otorga al PDP en términos de estructuras materiales.	<b>1. Formalización del área</b> Existencia de un área específica.	<b>Básico:</b> No existen áreas o departamentos de desarrollo.
		<b>Informal:</b> Existe en el organigrama, nivel secundario: existe un área o departamento de desarrollo (tercer o cuarto nivel jerárquico).
	<b>2. Composición del área</b> Personas involucradas y modo en que se lleva adelante el proceso.	<b>Formal:</b> Existe en el organigrama, nivel prioritario: existe un área o departamento de desarrollo (segundo o tercer nivel jerárquico).
		<b>Básico:</b> Unipersonal. El proceso recae en una persona, generalmente el dueño o gerente principal.
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP</b>  Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente al PDP.	<b>PRE-DESARROLLO</b>	<i>Actividades relacionadas a aspectos estratégicos.</i>
	<b>3. Planificación estratégica y de productos</b> Alineación entre el planeamiento del PDP y el plan estratégico.	<b>Básico:</b> La estrategia general de la empresa se centra en la experiencia/intuición de los directivos, y el desarrollo de productos sigue la misma lógica.
		<b>Informal:</b> La empresa tiene algunos objetivos estratégicos e intenta orientar el PDP hacia esas metas, revisando y actualizando la cartera de productos.
		<b>Formal:</b> La planificación estratégica de la empresa considera la planificación del PDP, lo que permite atender objetivos corporativos a través del desarrollo de productos.
	<b>4. Análisis del entorno</b> Análisis del mercado y de la empresa.	<b>Básico:</b> No existen análisis sistemáticos; las posibilidades que el entorno o la empresa pueden brindar al PDP surgen a partir de la experiencia o intuición o de sugerencias.
		<b>Informal:</b> Cada cierto período de tiempo se recolecta información sobre el entorno y sobre posibilidades técnicas de la empresa buscando detectar oportunidades.
		<b>Formal:</b> Existe un análisis estructurado de variables del entorno (consumidores, competidores, proveedores, patentes) y de los procesos de la empresa.
	<b>5. Proceso de generación y selección de ideas</b> Recolectar información, generar ideas de nuevos productos y seleccionarlas.	<b>Básico:</b> La generación y selección de ideas se da en forma espontánea (durante alguna reunión o haciéndolas llegar a el/los encargado/s).
		<b>Informal:</b> Se realizan reuniones para generar ideas, y la selección se da luego de relevar algunas condiciones generales (factibilidad técnica y posibilidad comercial).
		<b>Formal:</b> Se utilizan técnicas para la generación de ideas (Brainstorming, Análisis FODA, Benchmarking) e investigación de patentes/avances científico tecnológicos. La selección de las ideas a desarrollar requiere de un análisis cuantitativo y cualitativo.
	<b>6. Evaluación y aprobación de las ideas</b> Análisis de la oportunidad de la/s idea/s seleccionada/s, y su viabilidad	<b>Básico:</b> Luego de la selección de la/s idea/s, la aprobación se da por un proceso de votación, basado en la experiencia de los participantes, sin demasiadas evaluaciones.
		<b>Informal:</b> Se procede a aprobar las ideas de acuerdo a ciertos criterios preestablecidos (capacidad técnica, demanda a atender, productos competidores).
<b>Formal:</b> Existen pasos estandarizados para evaluar las ideas desde aspectos estratégicos, comerciales, financieros y técnicos. La aprobación de las ideas se da luego del análisis de la información y cuenta con una serie de pasos formalizados.		

Tabla 1 (Cont) Variables, subvariables y categorías de Diagnóstico. Elaboración propia.

Variable	Subvariable	Categorías
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP</b>  Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente al PDP.	<b>DESARROLLO</b>	<i>Actividades relacionadas a transformar la oportunidad en producto</i>
	<b>7. Desarrollo de concepto y evaluación</b> Traducir la idea en especificaciones de producto.	<b>Básico:</b> No existen actividades que vinculen oportunidades comerciales y especificaciones de producto. Aprobada la idea, el proceso continúa con propuestas básicas de formulaciones para pasar a la elaboración de prototipos o a la línea de producción.
		<b>Informal:</b> Existen actividades orientadas tanto a la investigación de las necesidades y requisitos del producto, como a formulaciones y métodos, aunque varían entre cada idea de producto y no siguen una secuencia estructurada.
		<b>Formal:</b> Existen numerosos pasos estandarizados para avanzar en el desarrollo del concepto del producto. La aprobación se da luego del análisis pormenorizado de la información y cuenta también con una serie de pasos formalizados.
	<b>8. Realización y evaluación de prototipo</b> Prueba en escala reducida (unid.) en laboratorios y su evaluación (análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y de vida útil), continuando proceso con uno o pocos prototipos.	<b>Básico:</b> Se realizan algunas pruebas básicas en laboratorios, y otras son tercerizadas. La evaluación consiste fundamentalmente en observar si se logran resultados, se realizan pruebas básicas entre personal o familiares y se opta por la versión más elegida.
		<b>Informal:</b> Se realizan pruebas en laboratorios propios mayoritariamente, y se evalúan a partir de una serie de análisis establecidos, pero varían entre cada producto y no siguen una secuencia estructurada. El o los prototipos que continúan el proceso son elegidos fundamentalmente a partir de la experiencia de los participantes.
		<b>Formal:</b> Existen numerosos pasos estandarizados para las pruebas, que deben ser documentadas y desarrolladas en laboratorios propios (excepto análisis complejos, donde se evalúa en detalle el colaborador), dado el énfasis en la confidencialidad. Paneles entrenados evalúan las propiedades organolépticas de los productos, contando con pasos y documentación para la evaluación. El o los prototipos que continúan el proceso son elegidos en base a estas evaluaciones.
	<b>9. Análisis de viabilidad</b> Implica, a partir del prototipo, un análisis comercial, financiero y técnico más preciso.	<b>Básico:</b> El análisis se basa fundamentalmente en fijar algunos costos para evaluar si el precio final resulta competitivo respecto a productos similares.
		<b>Informal:</b> Existen análisis que brindan mayor información para decidir la continuidad del desarrollo, donde participan encargados de diferentes áreas (comercial, producción, finanzas) pero varían entre cada producto y no son estructurados.
		<b>Formal:</b> Existen pasos estandarizados para evaluar las ideas desde aspectos estratégicos, comerciales, financieros y técnicos.
	<b>10. Ejecución del lote piloto</b> Planificación y ejecución del lote piloto (cantidad determinada de unid.)	<b>Básico:</b> Luego de algunas pruebas en laboratorio, el proceso continúa directamente en las líneas y se agrega a la planificación de la producción.
		<b>Informal:</b> Se ejecuta un lote piloto para probar el desempeño del producto, generalmente sin demasiada planificación, en momentos libres de las líneas.
		<b>Formal:</b> Se planifica el lote piloto (proceso, programación, adquisiciones, entrenamiento) y se ejecuta según ese procedimiento.

Tabla 1 (Cont) Variables, subvariables y categorías de Diagnóstico. Elaboración propia.

Variable	Subvariable	Categorías	
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP</b>  Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente al PDP.	<b>11. Evaluación del lote piloto y preparación de la producción</b> Evaluación: análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales, de vida útil y de estabilidad Homologar y registrar el producto y el proceso, y liberar la producción.	<b>Básico:</b> La evaluación consiste fundamentalmente en observar si se logran resultados aceptables, y concluye con la aprobación del nuevo producto por parte de los organismos correspondientes. Se elaboran los manuales exigidos (como el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura) y comienza la producción para su lanzamiento.	
		<b>Informal:</b> Se realizan los análisis, pero varían entre cada producto y no siguen una secuencia estructurada. Se elaboran manuales obligatorios y otros informes (registro del producto y del proceso, especificaciones de calidad para proveedores, etc).	
		<b>Formal:</b> Existen numerosos pasos estandarizados para las actividades de evaluación que deben ser debidamente documentados. Los paneles entrenados continúan la evaluación para corroborar que no se alteraron las propiedades organolépticas de los productos, y los pasos y documentación involucrada se encuentran estructurados. Existen normas para la homologación y registro del proceso y del producto.	
	<b>12. Lanzamiento del producto</b> Desarrollar estrategias de distribución, ventas, publicidad, etc.	<b>Básico:</b> La estrategia se basa en ofrecer el producto a partir de distribuidores o puntos de ventas con los que la empresa trabaja asiduamente.	
		<b>Informal:</b> Existe un análisis de los puntos de venta, algunas estrategias de venta (por ej., material publicitario y testeo en puntos de venta) pero varía en cada producto.	
		<b>Formal:</b> Se realiza un análisis detallado de los canales de distribución y comercialización, y se detalla la estrategia de lanzamiento correspondiente a cada uno de ellos.	
	<b>POSDESARROLLO</b>		<i>Actividades relacionadas a evaluar el desempeño del producto en el mercado.</i>
	<b>13. Evaluación de la satisfacción de los clientes</b> Satisfacción del cliente (experiencia, lealtad, etc.), para retroalimentar el PDP	<b>Básico:</b> En forma pasiva. Eventualmente se reciben quejas de clientes y se busca solucionarlas, pero el aprendizaje que no siempre se vuelca en mejoras en el proceso.	
		<b>Informal:</b> Además de recibir y tratar quejas, se busca información mediante conversaciones con vendedores o distribuidores, pero son informales.	
		<b>Formal:</b> Existen canales y mecanismos para evaluar la satisfacción del cliente que deben cumplimentarse como parte del PDP. La información se recolecta en forma estandarizada y sirve para retroalimentar el proceso.	
<b>14. Desempeño del producto</b> Monitoreo sobre aspectos comerciales, productivos y servicios.	<b>Básico:</b> Se analiza solo el nivel de ventas del producto para decidir su continuidad.		
	<b>Informal:</b> Se realizan análisis comerciales y técnicos contrastando lo planificado con el desempeño, pero sin un patrón determinado ni sistematización.		
	<b>Formal:</b> Se monitorea el producto en aspectos comerciales, productivos y servicios pos venta en forma estructurada y sistematizada. Énfasis en detectar oportunidades.		
<b>15. GATES</b> “Puntos de decisión” en etapas críticas, que permiten decidir continuar, redireccionar o congelar el desarrollo.	<b>Básico:</b> Existen básicamente dos Gates, que surgen por necesidad de direccionar el PDP, sin sistematización: avanzar con la prueba de ideas, y aprobar el lanzamiento.		
	<b>Intermedio:</b> El proceso cuenta con algunos puntos de decisión establecidos a partir de la experiencia, y si bien en cada nuevo desarrollo se enriquecen los criterios de aprobación, no existen pasos previstos para su formalización.		
	<b>Formal:</b> Los puntos de decisión se encuentran estandarizados: existen pautas para que se puedan llevar a cabo (reuniones y entregas con fechas previstas y conocidas en función de las actividades, participantes necesarios, informes requeridos, etc.). Los Gates retroalimentan los criterios de evaluación en función de cada nuevo desarrollo.		

Tabla 1 (Cont) Variables, subvariables y categorías de Diagnóstico. Elaboración propia.

Variable	Subvariable	Categorías
<b>16. CRONOGRAMA</b> Lista de elementos terminales del proyecto con fechas de inicio y fin.		<b>Básico:</b> No existen cronogramas y, en ocasiones, se pactan fechas tentativas; el PDP avanza según las disponibilidades de los encargados.
		<b>Informal:</b> Se pacta un cronograma tentativo, pero no se documenta ni se realiza un seguimiento estricto del mismo.
		<b>Formal:</b> La elaboración del cronograma es un paso fundamental del PDP, y suele realizarse a partir de una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Una vez establecido, existen encargados de monitorear el progreso del proyecto.
<b>COMUNICACIÓN</b> Mecanismos de intercambio de información interna.	<b>17. Reuniones</b> Agrupación de personas en un momento y espacio dados, con un propósito común.	<b>Básico:</b> Si bien pueden existir algunas reuniones pautadas, las personas se reúnen espontáneamente para resolver cuestiones relativas al PDP, generalmente en el transcurso de su trabajo diario.
		<b>Informal:</b> Las reuniones entre los involucrados en el PDP son convocadas con cierta antelación y cuentan con preparación, pero se realizan en la medida de lo necesario.
		<b>Formal:</b> El PDP cuenta con reuniones estandarizadas en los diferentes momentos del proceso, están previstas en el cronograma (con excepciones de urgencias).
	<b>18. Flujo de Información</b> Formas usadas: canal (oral o escrito) y utilización de los registros (individual/ compartido).	<b>Básico:</b> La información circula fundamentalmente en forma oral; los registros se utilizan en forma individual y eventualmente se comparten vía correo electrónico.
		<b>Informal:</b> Si bien la información circula en forma oral, se tiende a empelar canales escritos. Los registros se utilizan de forma individual y compartida (vía e-mail).
		<b>Formal:</b> Se utilizan principalmente canales escritos. Los registros se comparten en red (vía intranet o servicios <i>en la nube</i> ).
<b>19. DOCUMENTACIÓN</b> Tipos de documentos que la empresa elabora y utiliza para el PDP, incluyendo nivel de estandarización y almacenamiento.		<b>Básica:</b> Se elabora solo la documentación obligatoria por los organismos correspondientes (ASSAL, SENASA). Los documentos no se encuentran estandarizados y no existen pautas de almacenamiento de la información.
		<b>Informal:</b> Se suman otros documentos, en diferentes fases (Planificaciones, Informes de resultados y específicos de los Análisis físico-químicos) que no siguen patrones estandarizados. Se almacenan los documentos relevantes, a cargo de los encargados del proceso, dependiendo de ellos la posibilidad de recuperar información a futuro.
		<b>Formal:</b> Existen documentos para la mayoría de las actividades y decisiones del PDP. Los formatos se encuentran estandarizados. Un aspecto relevante del PDP es el almacenamiento de la información, que facilite su posterior consulta.

### 3. RESULTADOS

La Tabla 2 presenta la categorización de las 18 empresas entrevistadas en función de las 19 variables y subvariables presentadas anteriormente, realizada a partir de un análisis de frecuencia simple de las categorías de cada una de ellas. Nueve de las empresas producen bienes intermedios, mientras que las otras nueve, bienes finales.

Tabla 2 *Categorización de las empresas analizadas según 19 variables/subvariables. Elaboración propia.*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
<b>Básico</b>	1	0	0	5	16	0	0	0	17	5	16	0	17	2	1	0	17	16
<b>Informal</b>	16	2	1	14	3	1	2	2	2	14	3	8	2	17	14	6	2	3
<b>Formal</b>	2	17	18	0	0	18	17	17	0	0	0	11	0	0	4	13	0	0

En la Figura 1 se observa la composición de cada grupo de empresas (productoras de bienes intermedios y productoras de bienes finales) en función de las 19 variables y subvariables de análisis presentadas en la Tabla 1.

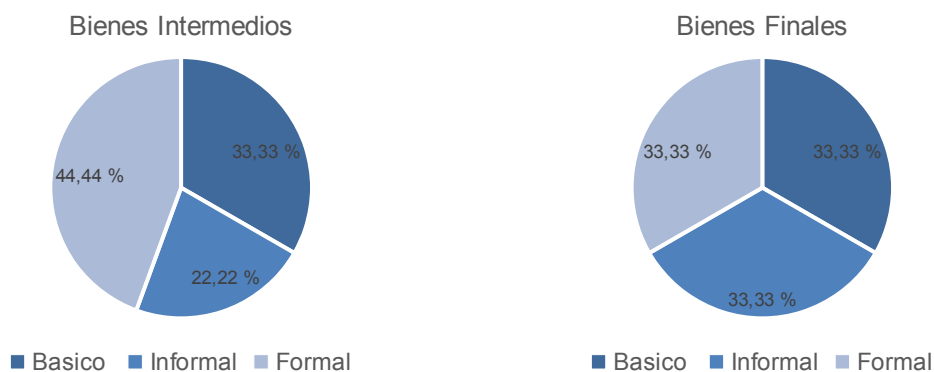


Figura 1 Distribución de categorías (básico, informal y formal) según el tipo de bien que producen las empresas. Elaboración propia.

Se evidencia que las empresas productoras de bienes intermedios presentan la mayoría de las variables y subvariables en la categoría “formal”, mientras que las productoras de bienes finales, muestran la misma distribución entre las tres categorías.

Contar con una mayor formalidad en las variables y subvariables mencionadas implica que las organizaciones cuentan con áreas de Desarrollo, con nivel prioritario en sus estructuras, y el proceso es dirigido por un equipo formalmente constituido. Estas organizaciones realizan la mayoría de las actividades que conforman el PDP en forma sistematizada y estructurada. Cuentan con Gates estandarizados, enmarcados en un Cronograma definido y monitoreado periódicamente. Es importante para estas firmas mantener la formalidad en la comunicación: las reuniones se planifican con antelación y existen canales específicos para compartir la información. La documentación es un aspecto determinante: permite dar objetividad al proceso y posibilita su retroalimentación.

En el otro extremo, presentar mayoría de variables y subvariables en la categoría “básico” significa que las empresas no cuentan con áreas de desarrollo, y el desarrollo de productos recae generalmente en una persona (dueño o encargado). Se realizan sólo algunas actividades de las fases que componen el PDP, de manera intuitiva y no estructurada. La programación en estas organizaciones es simple, con fechas tentativas que van adecuándose a las disponibilidades de los involucrados, incluyendo los Gates, que consisten en los puntos de decisión básicos de cualquier proceso de desarrollo. La comunicación se desarrolla de manera informal: las reuniones se van realizando en función de las necesidades, sin programación, y el flujo de información circula sin canales estandarizados. Se cumple con la documentación obligatoria exigida por los organismos correspondientes y, en caso de existir otros registros, se documentan en formatos diferentes en cada nuevo desarrollo.

Finalmente, aquellas empresas que presentan mayoría de variables y subvariables en la categoría “informal” cuentan con áreas de desarrollo, aunque en niveles jerárquicos no prioritarios. El proceso es conducido en equipo, aunque su conformación no es estable. Se realizan la mayoría de las actividades principales del PDP, algunas de las cuales se encuentran internalizadas en la organización, aunque sin contar con una estructuración formal. Las empresas ponen en práctica el concepto de Gate, identificando la necesidad de aprobar ciertas fases del proceso, aplicando un cronograma tentativo (aunque no se documenta ni se realiza un seguimiento del mismo). En relación a la comunicación, las reuniones, si bien se realizan en la medida de las necesidades, se intenta planificarlas con antelación, tendiendo a emplear canales escritos. Además de la documentación exigida por los organismos específicos del sector, se incorporan otros registros, que muchas veces no siguen patrones estandarizados y varían en cada desarrollo.

La Tabla 3 presenta la categorización de las 18 empresas entrevistadas en función de las 12 subvariables que componen la variable “Actividades realizadas en relación al PDP”, confeccionada a partir de un análisis de frecuencia simple de las categorías de cada una de ellas. Se decide profundizar en el análisis de esta variable debido a su relevancia en el diagnóstico del PDP de las empresas.

Tabla 3 Categorización de las empresas analizadas según variable

“Actividades realizadas en relación al PDP”. Elaboración propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
<b>Predesarrollo</b>																		
Básico	0	0	0	1	4	0	0	0	4	0	4	0	4	0	0	0	4	4
Informal	3	0	0	3	0	4	1	3	0	4	0	3	0	4	3	0	0	0
Formal	1	4	4	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0
Categoría Predominante	2	3	3	2	1	2	3	2	1	2	1	2	1	2	2	3	1	1
<b>Desarrollo</b>																		
Básico	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	6	0	4	1	6	0
Informal	0	2	0	4	1	0	1	1	6	2	5	4	0	6	2	5	0	5
Formal	6	4	6	0	0	6	5	5	0	4	1	2	0	0	0	0	0	1
Categoría Predominante	3	3	3	2	1	3	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	1	2
<b>Posdesarrollo</b>																		
Básico	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	2	2
Informal	2	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2	2	2	0	0
Formal	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Categoría Predominante	2	3	3	2	1	2	3	2	1	2	1	2	1	2	2	3	1	1

En la Figura 2 se observa la distribución de las categorías (básico, informal y formal) en las tres macrofases (Predesarrollo, Desarrollo y Posdesarrollo) en las que se agrupan las *Actividades realizadas en relación al PDP*.

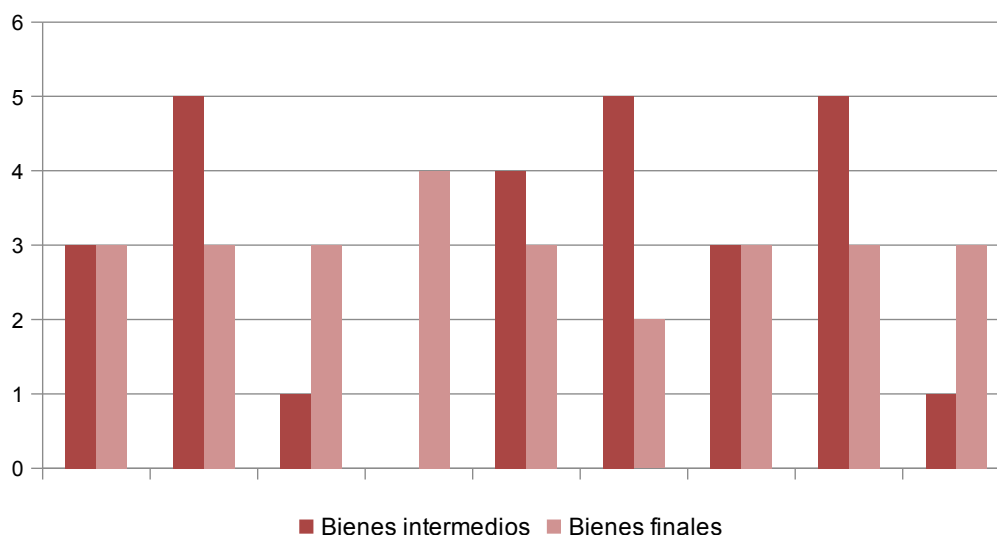


Figura 2 Distribución de categorías (básico, informal y formal) en las tres macrofases de la variable “Actividades realizadas en relación al PDP”. Elaboración propia.

### 3.2. Categorías propuestas para las variables de análisis

El Nivel de Madurez, siguiendo a Chrissis [13], consiste en las mejores prácticas relacionadas a aspectos y actividades que cubren el ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta la entrega, seguimiento y su eventual retiro del mercado. El estudio de los Niveles de Madurez [10] permite diagnosticar el proceso de la empresa (nivel actual) y guiar a los expertos sobre formas de intervención para alcanzar un rendimiento superior [14].

Existen modelos de madurez propuestos por autores y organismos, que presentan diferentes escalas de clasificación [15]. Este trabajo considera los Modelos de Rozenfeld et al. [4] y Penso [9] y propone la siguiente clasificación de Niveles de Madurez del PDP:

**Elemental:** Se realizan sólo algunas actividades esenciales del PDP. Los requisitos del producto son definidos de forma intuitiva, y se realiza un esbozo del producto en relación a esas características. Existe una integración inicial entre la planificación estratégica de la empresa y el producto, aunque es informal y por medio del diálogo, teniendo en cuenta la experiencia de los responsables. El lanzamiento del producto se efectúa con escasa planificación, en los canales habituales, y el seguimiento del producto se limita a evaluar el nivel de ventas y recepcionar eventuales reclamos. Muchas de las actividades están orientadas a cumplir la legislación vigente, y el desarrollo de productos no se concibe como un proceso de negocio.

**Intermedio:** Se realizan las actividades más relevantes de cada fase del proceso, y de manera repetitiva. Además de definir requisitos del producto, se desarrollan prototipos y se evalúan (análisis técnicos, comerciales y financieros), aunque de forma no sistemática. La empresa piensa en un portfolio de productos, analizando cada proyecto de forma relativa. La empresa comienza a aplicar los conceptos de aprobación de fase (gates). La planificación del lanzamiento es más elaborada, y se efectúan algunas actividades de acompañamiento (comparación de valores pronosticados y reales). El PDP comienza a concebirse como un proceso de negocio, y se llevan a cabo iniciativas simples para mejorar el proceso, sin un abordaje sistemático.

**Avanzado:** Se realizan la mayoría de las actividades propias de un proceso estructurado. Se definen requisitos de producto en función a estudios pormenorizados del cliente y del entorno, se realizan prototipos y pruebas piloto/en planta, que son evaluados en detalle (análisis técnicos). Se suman también análisis económicos, financieros, comerciales y legales, en forma sistemática. Se realiza una planificación del proceso y se cronograman todas las acciones en forma detallada. La gestión del portfolio se realiza en forma integrada con la planificación estratégica de la empresa. Las estrategias de lanzamiento son planificadas y las actividades de seguimiento en el mercado son formalmente realizadas, designándose responsables del acompañamiento de producto que monitorean constantemente variables clave (costos, cantidades, precios, riesgos). El PDP es considerado un proceso clave del negocio.

#### 4. CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo es realizar un diagnóstico de la situación actual del PDP en empresas productoras de alimentos del Gran Santa Fe, tanto de bienes intermedios como finales. En función a los resultados presentados, se observa que ciertas empresas poseen un Nivel Avanzado de PDP, reconociendo la importancia de este proceso para la supervivencia de la empresa y para la diferenciación de sus competidores. Se caracterizan por contar con estandarización en la mayoría de las actividades, lo permite gestionar el PDP a partir de indicadores de desempeño. Se destaca que en el caso de las empresas productoras de bienes intermedios, la mayoría (45%) presenta este nivel de madurez, mientras que en el caso de las que producen bienes finales, representan el 33%.

Se observa, además, otro grupo de empresas que, si bien realiza acciones para generar nuevos productos (o modificar existentes), no considera al desarrollo de productos como un proceso de negocio, y las actividades se efectúan en forma desestructurada. El proceso se sustenta en una estrategia que sólo es conocida y manejada por el o los encargados, dificultando una gestión sistemática del PDP. Este análisis permite ubicarlas en el Nivel de Madurez Básico. En los dos casos analizados, las empresas que poseen este nivel de madurez representan aproximadamente un 33% del total.

Finalmente, existen empresas que se encuentra en la categoría Intermedia de Nivel de Madurez en el PDP: el desarrollo de productos presenta mayor estabilidad y comienza a concebirse como un proceso de negocio. En el caso de las empresas productoras de bienes intermedios, las que poseen este nivel de madurez son minoritarias y representan un 22%, mientras que en el caso de las empresas productoras de bienes finales, representan un 33% del total.

Por otro lado, el análisis particular de la Variable "Actividades realizadas en relación al PDP" permite observar que las industrias productoras de bienes intermedios presentan mayor grado de formalidad en las actividades de la macrofase Desarrollo y un mayor grado de informalidad en las actividades de las macrofases de Predesarrollo y Posdesarrollo, mientras que las empresas productoras de bienes finales evidencian una distribución más equilibrada de formalidad entre las tres macrofases.

Se destaca que el presente trabajo presenta resultados preliminares, y sería necesario el análisis de un número mayor de empresas para poder ser concluyentes en este sentido. Además, trabajos posteriores permitirán profundizar los análisis en función de diferentes variables: sectores de actividad, tamaño de las empresas, mercado al que abastecen, entre otras. El estudio de Niveles de Madurez implicaría, finalmente, proponer una serie de acciones (denominadas "Proyectos de Intervención") que permitan incorporar prácticas apropiadas para lograr mejoras en el PDP.

Finalmente, se observa que las variables construidas han sido de utilidad para efectuar el diagnóstico, dado que presentan la suficiente amplitud para reflejar la situación actual del PDP en cada empresa.

#### 5. REFERENCIAS.

- [1] Kotler, P. & Armstrong, G. (2017). *Fundamentos de Marketing*. 13ra ed. México: Pearson.
- [2] Abu, N. et al. (2012). "The pre-development process implementation of product innovation: A Malaysian food and beverage manufacturing SMEs survey". *International Journal of Business and Management Science*, v. 5, n.1.
- [3] Fuller, G. W. (2014). *New food product development: from concept to marketplace*. Florida: CRC



- [4] Rozenfeld, H. et al. (2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- [5] Cooper, R.; Sommer, A. (2016). "New idea-to-launch method for manufactured new products is faster, more responsive". *Industrial Marketing Management*, v. 59, pp.167-18.
- [6] Montaña Arango, O., Corona Armenta, J., Medina Marín, J. (2007). "Modelo que identifica el nivel de madurez de los procesos de las pequeñas empresas del sector industrial". *XII Congreso Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas (ACACIA)*. Universidad Autónoma de Hidalgo, México.
- [7] Kahn, K. B., Kay, S. E., Slotegraaf, R. J., & Uban, S. (2015). *The PDMA handbook of new product development*. Hoboken, NJ: John Wiley&Sons.
- [8] Echeveste, M. (2003). "Uma abordagem para estruturacao e controle do processo de desenvolvimento de productos" (*Tesis Doctoral*), *Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*.
- [9] Penso, C. (2003). "Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos na Indústria de Alimentos" (*Tesis de Maestría*), *Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil*.
- [10] De Greef, M., Arcusin, L. & Rossetti, G. (2017) "Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos: Estudio de los Niveles de Madurez en Industrias Alimenticias". *Iberoamerican Journal of Project Management*. Vol.8, No.2, pp.94-117.
- [11] De Greef, M., Arcusin, L. & Rossetti, G. (2017) "Comparative Analysis of Product Development Process Management at Food Industries" *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. Vol. 30 issue3, pp 51-60.
- [12] Ynoub, R. (2014). *Cuestión de Método. Apuntes para una metodología crítica*. México: CengageLearning.
- [13] Chrissis, M., Konrad, M., Shrum, S. (2009). *CMMI: Guía para la integración de procesos y la mejora de productos*. 2da ed. Madrid: Pearson Educación.
- [14] Durango Yepes, C., Quintero Muñoz, M., Ruiz González, C. (2014). "Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en empresas colombianas". *Tecnura*, v. 19, n. 43, pp. 20 – 36.
- [15] Kerzner, H. (2001). *Strategic planning for Project management, using a Project management maturity model*. Nueva York: John Wiley&Sons.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen la contribución económica de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (PICT 2015-Nº1629) y de la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D 2016 PI 50120150100216LI).

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN DE CHOQUES FRONTALES PARA VEHÍCULOS Y AUTOMOTORES "SACH"

Rissetto, Miguel A.; Campos, Juan E.; Bertini Edgardo R.; Prat, Miguel A.; Oris, Ramón; Rodríguez, Gustavo A.

*Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.  
Ramón Franco 5050, (1874), Villa Domínico, Buenos Aires, Argentina. [miguelrissetto@gmail.com](mailto:miguelrissetto@gmail.com)  
[mrissetto@fra.utn.edu.ar](mailto:mrissetto@fra.utn.edu.ar)*

*Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional. Bernardino Rivadavia 1050,  
(4000), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, [mpratutn@gmail.com](mailto:mpratutn@gmail.com)*

## RESUMEN.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud el número de muertes por accidentes de tráfico a nivel mundial alcanza anualmente los 1.25 millones de personas; constituyéndose además en una de las principales causas de muerte entre jóvenes de 15 a 29 años de edad. La mayoría de estas muertes se producen en países emergentes, donde el rápido crecimiento económico ha ido acompañado de un mayor uso de automotores. Aparte de ser un problema de salud pública, las lesiones causadas por los accidentes de tránsito son un problema de índole económico, sobre todo en países de ingresos bajos y medios en donde su PBI se ve reducido en aproximadamente un 3%. Argentina ostenta uno de los índices más altos de mortalidad producida por accidentes de tránsito en el mundo. El total en 2017 -cifras provisorias al 11/01/2018- fue de 7.213 muertos, dando un promedio diario de 20 y un promedio mensual de 600 muertos. Estos índices, más los aproximadamente 120.000 heridos anuales de distinto grado y las cuantiosas pérdidas materiales que implican, plantean la necesidad de idear una solución local a esta problemática. En tal sentido este proyecto propone el diseño de un dispositivo para colocar en automóviles- nuevos o usados- orientado a prevenir colisiones del tipo frontales en las rutas de Argentina, especialmente en aquellas que cuentan con sola una vía por mano. Este sistema combinará en principio cámaras y sensores de diversos tipos, gestionados mediante un software que alertará al conductor de diversas maneras y con anticipación- cuando se aproxima un vehículo de frente y cuando es inconveniente efectuar el sobrepaso. El equipo podrá utilizar también otras tecnologías, como el uso chips (tipo RFID o similares), GPS, luces láser y otros que oportunamente se consideren apropiados para hacer más completo, efectivo o económicamente accesible al dispositivo mencionado.

**Palabras Claves:** anticollisión - automóvil – prevención

## ABSTRACT

The Argentine Republic boasts one of the highest mortality rates produced by traffic accidents in the world. The total in 2017 - provisional figures as of 11/01/2018 - was 7,213 dead, giving a daily average of 20 and a monthly average of 600 dead. These regrettable indices, plus the approximately 120,000 annual injuries of varying degrees and the considerable material losses involved, led us to devise a local solution focused on this problem. In this sense, this project proposes the design of a device to be placed in all types of cars - new or used - oriented fundamentally to reduce crashes, mainly on the fronts - in the routes of our country, especially those that have only one road through hand. This system will combine in principle cameras and sensors of various types, managed by software that will alert the driver in various ways and in advance - when approaching a vehicle in front and when it is inconvenient to make the overpass. The team may also use other technologies, such as the use of chips (RFID type or similar), GPS, laser lights and others that are opportunely considered appropriate to make the aforementioned device more complete, effective or economically accessible.

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien la República Argentina a nivel mundial tiene un alto índice de mortalidad por accidentes viales, este se encuentra por debajo de la tasa de la región de las Américas. En relación a su población y número de automóviles circulantes, Argentina tiene 14 muertos cada 100000 habitantes. De los 31 países analizados en el informe de la Organización Mundial de la Salud – OMS- para la región de las Américas, la Argentina se encuentra en el puesto 11. (OMS, 2015). Las estadísticas, referidas a accidentes de tránsito a nivel mundial revelan los siguientes aspectos:

1. Según el rol de las víctimas en accidentes, el 39% son ciclomotores; el 32% son conductores u ocupantes de vehículos a motor y el 22% son peatones.
2. Según la edad de las víctimas, el 56% son menores de 35 años.
3. Según el sexo, el 75% son varones;
4. Según la fecha del accidente, los fines de semana aportan el 44% de los muertos en el tránsito.
5. Según la cantidad de vehículos involucrados, un 33% del total son univehiculares.

La tendencia actual indica un incremento en la tasa de accidentalidad del 65%, lo que convertirá a los accidentes de tránsito en la quinta causa de mortalidad en el año 2030 [1]. Esta situación llevó a que en el año 2011 la Organización de las Naciones Unidas implementara un programa global para la seguridad en las rutas denominado "Decade of Action for Road Safety 2011-2020" [2]. El objetivo de este plan es frenar la tasa de siniestralidad y una de las principales iniciativas del programa consiste en promover el uso de tecnologías que ayuden a evitar o al menos reducir el número de accidentes. En este contexto se puede mencionar al Gobierno de Suecia que está llevando adelante la "Iniciativa Zero Vision", programa a través del cual dicho país ha logrado reducir significativamente la mortalidad en sus calles y rutas. Zero Vision es el enfoque sueco del concepto de seguridad vial, el cual se puede resumir en una oración: ninguna pérdida de vidas es aceptable (cero muertes en accidentes de tránsito), asimismo en este marco la iniciativa incorpora el error humano como parte del cálculo proponiendo cuatro dimensiones de investigación para encontrar soluciones:

- 1) Tecnología del vehículo: una serie de nuevos sistemas puede reducir drásticamente las muertes relacionadas con el tráfico y las lesiones graves. Las soluciones de tecnología para vehículos abarcan desde sistemas de frenado automático y cerraduras Alco hasta tecnología de cojín de aire y mucho más. Los sistemas pueden ser activos o pasivos.
- 2) Infraestructura: el objetivo es construir caminos e infraestructura que satisfagan los desafíos de capacidad y medioambientales sin comprometer la seguridad del tráfico. Esto no es tan complejo como parece y no necesita ser más caro que la forma tradicional de diseñar carreteras. Por el contrario, reducirá el costo total para la sociedad a lo largo del tiempo.
- 3) Control del tráfico y vigilancia: Sistemas para monitorear los flujos de tráfico y las condiciones climáticas u otras medidas que califican como sistemas de tráfico inteligentes. Recopilar información, medir resultados y evaluar constantemente los datos de tráfico son cruciales. Podría tratarse de sistemas para la gestión de la información meteorológica, el mantenimiento del flujo de tráfico y mucho más.
- 4) Educación y capacitación: Los servicios públicos y la educación son vitales cuando se trata de implementar soluciones efectivas de seguridad vial. Las áreas de enfoque van desde la educación del conductor hasta los servicios de planificación a nivel nacional y local. Un enfoque holístico implica recopilar conocimiento y extraer los métodos más eficientes, teniendo en cuenta tanto los costos como la seguridad. (Extraído de: <http://www.visionzeroinitiative.com>).

Sin descuidar todos los aspectos mencionados ut-supra sintetizados en 4 puntos, este proyecto se enfocara fundamentalmente en el punto 1, tratando de encontrar en la tecnología disponible para los automóviles una solución a la problemática que nos ocupa.

### 1.1. Tecnología del vehículo

Si bien precedentemente se mencionaron 4 dimensiones de investigación, el presente trabajo se centra en este aspecto. A continuación se detallaran los diferentes dispositivos o sistemas de detección en los coches para evitar accidentes, comenzando por los más tradicionales:

- a) Uno de los sistemas de seguridad más básicos es la iluminación, que ha ido evolucionando y permitiendo tener cada vez más visibilidad y por ende reducir el número de accidentes que se producen de noche.
- b) El ABS (antibloqueo de frenos) y el ESP (control de estabilidad) son sistemas de seguridad activa para la conducción, pero no son algo nuevo. Pero los protagonistas ahora

son los sistemas de detección del entorno que todavía hoy casi todos son equipamientos opcionales. Estos sistemas pueden ayudar, a hacer que la conducción sea más cómoda y más segura, pudiendo evitar o corregir despistes y errores humanos.

A continuación se describirán los errores más comunes en los que incurren los conductores de automóviles y la tecnología existente actualmente para contrarrestarlos:

- a) Detección de sueño o falta de atención al volante: Normalmente es un sistema electrónico con un sensor en el volante, que cuenta cuántas veces por minuto el conductor realiza pequeñas correcciones en la dirección, al efectuar estos movimientos el sistema da un alerta. (Figura 1)



Figura 1

Detección de cambio de carril involuntario: También llamado asistente de mantenimiento en carril. Este sistema puede funcionar con un microprocesador que está permanentemente atento a que la trayectoria del vehículo se mantenga entre las dos líneas (izquierda-derecha) trazadas en una ruta. (Figura 2)



Figura 2

- b) Advertencia de ángulo muerto (o punto ciego) en el espejo retrovisor: El ángulo muerto es esa pequeña área del campo visual hacia atrás, muy próxima a nuestro coche, que el espejo no es capaz de reflejar. Algunos vehículos montan un sistema que avisa de vehículos en el ángulo muerto, mediante una señal visual sobre el espejo retrovisor, o en el marco del espejo. El sistema emplea radares (es decir un sistema de emisión de ondas de radio), en las esquinas del paragolpes trasero (o en el lateral del coche, a veces en el mismo espejo retrovisor) orientados hacia el área que queda oculta. Por ejemplo el Audi A6 cuenta con este equipo como opcional. (Figura 3)



Figura 3

- c) Reconocimiento de señales de velocidad y adelantamiento: Una cámara -de alta resolución y gran angular- colocada en la parte alta del parabrisas, centrada delante del espejo retrovisor, vigila los márgenes de la calzada y reconoce las señales circulares de velocidad máxima, prohibido adelantar, fin de velocidad máxima y fin de prohibido

adelantar. Esta misma cámara se suele utilizar también para reconocer las líneas del carril. Este sistema lo incorpora el Opel Astra. (Figura 4)



Figura 4

- d) Advertencia de sentido contrario: Este sistema no es tan habitual. Se lo puede encontrar en automóviles de marcas Premium tales como Mercedes Benz y BMW. Utiliza el sistema de GPS del coche para identificar si el conductor está a punto de incorporarse a una carretera en sentido contrario, y avisarle de ello con una alarma sonora y visual (en la pantalla del navegador). Además de la alarma para el propio conductor, envía un aviso a una central de tráfico y a los automóviles que estén cerca (en un radio de 600 m) que a su vez están provistos de un sistema de comunicación. Igualmente, este sistema puede combinarse con la cámara de reconocimiento de señales. (Figura 5)



Figura 5

- e) Control de velocidad adaptativo (con sistema de distancia de seguridad): Un sistema de control de velocidad es algo cada vez más habitual (viene incluso de serie en muchos utilitarios), ayuda a una conducción mas cómoda, y a que el conductor no tenga que estar tan preocupado del velocímetro, para no exceder la velocidad máxima evitando de esta manera una multa. Es bastante sencillo, si el acelerador es electrónico, un pequeño procesador se encarga de gestionarlo para circular de manera constante a la velocidad que se programe. Una evolución de este sistema se llama control de velocidad adaptativo. Lo que hace es mantener continuamente la distancia de seguridad óptima con el vehículo que le precede al automóvil, sin que el conductor tenga que preocuparse de calcular la distancia necesaria de seguridad. Un radar colocado en el paragolpes o parilla delantera, mide la distancia que hay entre un automóvil y el vehículo que va delante, y de acuerdo a la velocidad con la que circule, un microprocesador calcula la distancia de seguridad entre los dos coches y la compara con la que se tiene en ese momento. Si no hay suficiente distancia, entonces el sistema actúa sobre el acelerador, y desacelera para aumentar la distancia hasta la necesaria. Si es preciso puede actuar también sobre el freno para reducir todavía más la velocidad y conseguir la distancia de seguridad necesaria más rápido. Este sistema está disponible como opción en cada vez más en los coches convencionales e incluso en automóviles híbridos. Si la distancia de seguridad aumenta, y si es posible, el coche volverá a acelerar para recuperar la velocidad programada. Los sistemas más avanzados aprovechan también los sensores del ABS y del control de estabilidad, para conocer el estado de adherencia del pavimento (y saber por ejemplo que está mojado) y así saber que la distancia de seguridad debe de ser aún mayor, y adaptarse automáticamente a ello. (Figura 6)



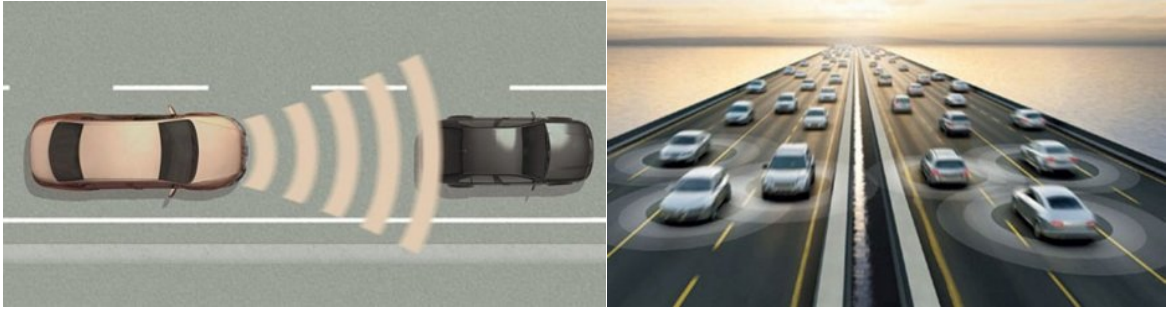


Figura 6

- f) Reconocimiento de objetos: Este sistema pretende evitar sobre todo atropellos de peatones o ciclistas. Es similar al sistema de reconocimiento de peatones nocturno. El sistema ContiGuard quiere ir un paso más allá y por el momento es algo experimental. Dos cámaras de alta resolución, colocadas en la parte alta del parabrisas, permiten tener una visión estereográfica al microprocesador del sistema. El sistema es capaz de distinguir entre peatones, ciclistas, coches y otros objetos, medir la distancia hasta ellos, y predecir su trayectoria, verificando si esta se corta con la que lleva el coche, y determinar por tanto si existe riesgo de un accidente, para tomar las medidas preventivas conducentes a evitarlo o aminorar las consecuencias. Advertirá al conductor, e incluso podría accionar automáticamente los frenos del vehículo. Otro sistema que se está probando en Alemania, bajo el nombre Amulett Car2X funciona por ondas de radio. Los peatones y ciclistas deberían llevar un pequeño transpondedor, muy similar al sistema RFID, que incluso no necesitaría alimentación eléctrica (si es de tipo pasivo). En este caso el automóvil debe llevar un emisor-receptor, y recibe la señal de respuesta de los transpondedores. Lo bueno de este sistema es que los peatones podrían estar ocultos (por ejemplo niños detrás de un vehículo estacionado) en donde el microprocesador del automóvil sabrá que están ahí y advierte de ello al conductor. (Figura 7)

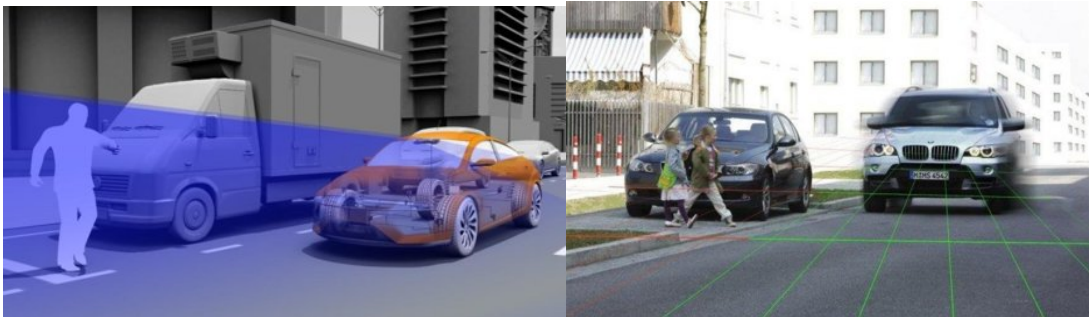


Figura 7

- g) Sistemas anticolidión (frenado automático): Con cámaras o radares, el “cerebro” electrónico del coche puede saber que hay obstáculos delante de la trayectoria del mismo, ya sea un peatón, ya sea otro vehículo. Así que si determina que existe un riesgo real de atropello o colisión, puede reaccionar antes incluso que el conductor y accionar los frenos automáticamente para reducir la velocidad, o incluso detener por completo al vehículo y de esta forma evitar el atropello o choque. Normalmente los sistemas de frenado automático hasta la detención suelen funcionar a bajas velocidades (lo habitual es que sea por debajo de 40 o 50 km/h, para ciudad o atascos de tráfico, y así evitar un despiste). Algunos sistemas anticolidión solo alertan al conductor y preparan el sistema de frenado para que este actúe con la máxima fuerza, mientras que otros sistemas de este tipo también frenan ellos mismos el vehículo. Volvo (sistema city safety), y muchas otras marcas, disponen ya de sistemas de este tipo. Otro sistema, por ahora experimental, es el de anticipación de curvas de BMW Foresight Transmission Control. En combinación con el GPS del automóvil, reconoce cuándo el vehículo está llegando a una curva, reconociendo la dificultad de la misma y estimando la velocidad óptima de trazado de la misma con seguridad. Si la velocidad no es la adecuada actúa automáticamente sobre los frenos para reducir la misma, además de disminuir una marcha en la caja de cambios. (Figura 8)



Figura 8

- h) Cámaras para ver lo que el conductor no ve: Un sistema que está disponible como opción, en automóviles de gama media como por ejemplo el Toyota Auris HSD. La cámara de visión para marcha atrás está colocada en el portón del maletero, encima de la patente, disimulada a la vista, enfoca hacia atrás, y permite ver las imágenes en la pantalla a color del sistema de navegación de la consola central. Lo bueno de esta cámara es que permite ver cosas pequeñas (y como no también niños pequeños) que podrían quedar ocultos por debajo de la línea de la luneta trasera, escapando de la visión de los espejos retrovisores exteriores. La evolución de este sistema ya la ha pensado BMW, con las cámaras de visión lateral, colocadas en las esquinas del paragolpes delantero, y que permiten ver hacia la derecha y hacia la izquierda en cruces en los que el conductor (en algunos casos un metro y medio o dos por detrás del paragolpes) no tiene suficiente visibilidad. (Figura 9)

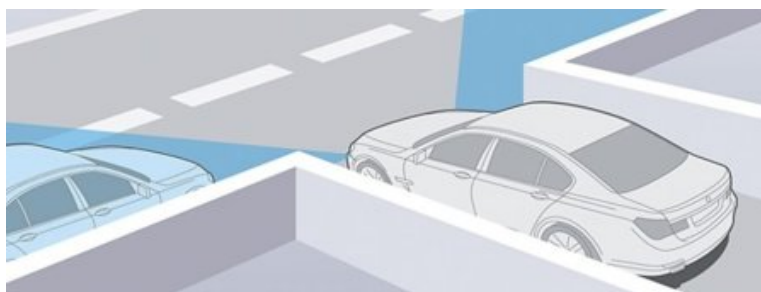


Figura 9

- i) Sistemas de comunicación entre coches para aviso y alerta: Ejemplo de estos tipos de sistemas es el Car-to-X de Mercedes Benz basado en el intercambio de información entre vehículos, así como entre vehículos e infraestructura de tráfico. Este sistema tiene la ventaja de que es posible obtener información de puntos muy por fuera del campo de visión del conductor, cosa que no ocurre con los sensores convencionales. Esta información proporciona la base para una serie de nuevas funciones de asistencia que complementan los sistemas existentes. La comunicación Car-to-X ayuda a informar al conductor de situaciones peligrosas. Por lo tanto, el vehículo "ve" los riesgos antes de que el conductor los perciba y advierte al conductor y a otros usuarios de la ruta o calle por donde circula el automóvil en tiempo real. Cuando el vehículo recibe una advertencia de peligro, el sistema Car-to-X compara la posición del vehículo con la ubicación del riesgo. Tan pronto como el automóvil se acerca al punto de peligro, el sistema advierte al conductor de forma audible y visual. Esto permite al conductor prepararse para la situación, ajustar su comportamiento de manejo y evitar accidentes. Las redes hacen que el tráfico no solo sea más seguro, sino también más eficiente. Porque cuando se evitan accidentes, el tráfico fluye de manera más libre y eficiente. La comunicación Car-to-X puede contribuir a la movilidad eficiente también mediante la conexión en red con la infraestructura de tráfico, por ejemplo, semáforos. El sistema incluso puede hacer que todos los otros sistemas de seguridad estén alerta, y actúen de manera automática, antes incluso de que el conductor asimile el mensaje de alerta y reaccione. (Figura 10)

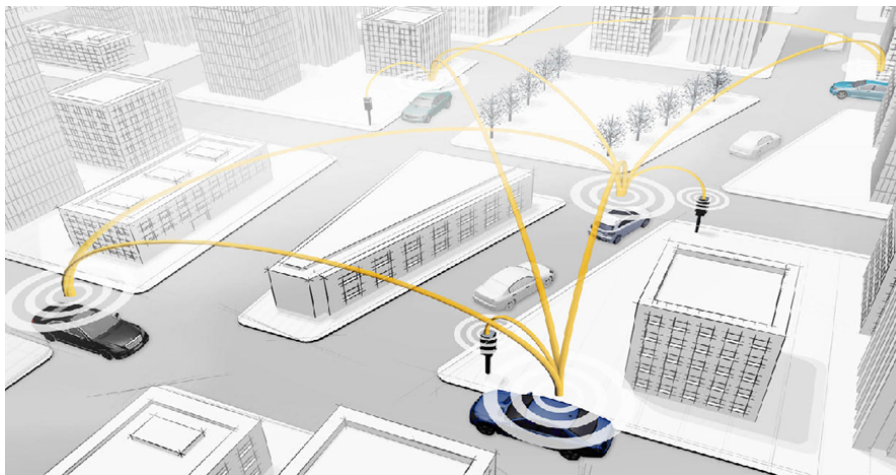


Figura 10

Como se puede apreciar son muchos sistemas, muy relacionados unos con otros. Lamentablemente tendremos que esperar un tiempo hasta que se reduzca su precio y se vayan generalizando en las marcas y modelos mayoritarios (desde los utilitarios más económicos). La seguridad debería ser siempre un equipamiento de serie.

## 2-OBJETIVOS DEL TRABAJO

El presente trabajo es el primer avance de un Proyecto de Investigación –del mismo nombre- que se lleva adelante en la UTN y sus objetivos son:

### 2.1. Objetivo principal

- Disminuir significativamente la muerte por accidentes automovilísticos en rutas y ciudades de toda la República Argentina.

### 2.2. Objetivos secundarios

- Diseñar un producto / sistema muy accesible económicamente de modo que pueda instalarse –ya sea privadamente o por medio del estado nacional- en todos los automóviles, ya sea nuevos como usados.
- Evitar fundamentalmente los choques frontales –mayormente mortales- que suceden principalmente en rutas de un solo carril por sentido.
- Evitar los accidentes por impactos con animales sueltos en rutas y caminos.
- Disminuir los choques por distracción, falta de cálculo, falta de visión o frenadas bruscas con el vehículo que se encuentra adelante circulando en el mismo sentido.
- Prevenir el atropellamiento de personas, ciclistas o autos en: bocacalles de ciudades, salidas bruscas detrás de vehículos estacionados o por falta de visibilidad (niebla, poca iluminación, noche, otros).
- Evaluar el impacto social y económico producto de la implementación de este sistema.

## 3-PROPUESTAS DE DISEÑO

Luego de las investigaciones realizadas sobre los sistemas y dispositivos existentes en todo el mundo, y considerando que hay muy poco de eso implementado en el país, se decidió avanzar con las que se consideran las alternativas más apropiadas, primero por la tecnología disponible y luego para que los costos permitan llegar a la mayoría o a todos los automóviles que circulan por el país. Esta condición es la que se estima indispensable para que el impacto social de este proyecto represente realmente solución los más rápida y definitiva posible para un problema que nos ubica en uno de los peores lugares del mundo en accidentes y muertes causados por automóviles.

En tal sentido se exponen las variables estudiadas y que se consideran más apropiadas:

### 3.1. Cámara de enfoque gran angular y para gran distancia colocada en espejo retrovisor del lado del volante y enfocada hacia adelante:

Esta posición de la cámara permitirá que no sea necesario asomarse para mirar. La cámara contará con:

- Visor infrarrojo para día y noche en rutas sin iluminación / con detector y reconocimiento de imágenes para diferenciar camiones, autos, bicicletas, animales peligrosos (vacas, caballos, ciervos, ovejas, perros, aves, otros), carteles, etc.



- Pantalla, pudiéndose utilizar la que trae el automóvil o sino se instalará una nueva, la que puede conectarse al GPS o smartphone. La conexión será por cable o inalámbrica.

A su vez el dispositivo dispondrá de:

- Sonido: todo lo que aparece en pantalla se anuncia por voz y además se complementa con alarmas sonoras de peligro.
- Luces de aviso de peligro.
- Software: se prevé el diseño de un software específico para procesar los datos de las velocidades del vehículo. El funcionamiento de este será el siguiente:
  - a) las imágenes detectadas son contrastadas con una base de datos cargada previamente y luego reconocidas. Se analizan distancia y movimiento; también se prevé analizar calor (mediante sensores o imagen).
  - b) se analiza cual es el objeto; si está detenido y por ejemplo es un cartel no avisa peligro, pero si es un animal si avisa peligro (sensor de temperatura). Lo mismo avisa peligro si está en movimiento (auto, persona o animal).  
En estos casos se procesa la velocidad y se detecta si va en el mismo sentido de nuestro auto (puede conectarse con el GPS del auto) o si viene en sentido contrario.  
Si viene en sentido contrario informa distancia y analiza posibilidad de sobrepaso. Para esto previamente el sistema ingresa características del auto propio y velocidades de reacción (en pruebas de ruta previas o por datos de fábrica).  
También se cargan las características estadísticas del conductor (estilo de manejo, edad, visión, reflejos, etc.). Si el sistema concluye que no se puede efectuar el sobrepaso manda un aviso por imagen, voz y alarma. Si es posible el sobrepaso, el dispositivo informa la distancia al objeto y marcha sugerida (o cambio, por ejemplo 3ra) conveniente a utilizar para hacerlo en el tiempo correcto.  
El software podrá también reconocer el borde del camino y las líneas demarcatorias (que manda la cámara) y detectar si la curva precedente es hacia la izquierda o derecha para informarlo antes al conductor. También si el automóvil se sale del camino.

### **3.2. Alternativas a incluir eventualmente en el dispositivo**

- Adicionar una cámara en paragolpes para detectar si viene un auto en la bocacalle o si sale una persona de atrás de un camión o situaciones similares.
- Instalar en el paragolpes delantero –abajo- una luz láser enfocada hacia adelante. Esta línea se proyecta en el piso anticipando el movimiento del vehículo. Esta línea permitirá que el automóvil que viene en otro sentido vea la luz mucho antes de que llegue el automóvil. Esta luz debe ser visible de día y de noche. Este sistema puede ser también proyectando una imagen tipo holograma.
- La cámara del punto 3.1. puede ser complementada o reemplazada por un medidor de distancia laser (o de sonido) que informe distancia-proximidad al objeto que viene en sentido contrario, o que simplemente detecte objetos a menos de la distancia segura de sobrepaso. Así avisa solo si no se puede pasar, ya que si no detecta nada significa que el objeto está lejos o simplemente que no hay nada. Esa distancia puede programarse en función de las características del auto (reacción o aceleración) y del conductor. Este sistema sería mucho más económico y sencillo. Estos detectores pueden ser dos: a-uno que enfoca a la otra mano, ubicado en el espejo retrovisor del lado del volante, para evitar choques frontales, b-otro que enfoca la mano donde voy situado en parrilla por ejemplo- para avisar cuando nos aproximamos peligrosamente a un objeto que puede estar detenido y que no ha sido visualizado (como camiones o autos descompuestos detenidos o que circulan en días de niebla a baja velocidad).

### **3.3. Alternativas complementarias que pueden favorecer, ampliar y mejorar el impacto del dispositivo propuesto:**

- Instalar en todos los automóviles, o personas, o bicicletas, etc. un chip o sensor RFID (es muy económico y produce ondas de radio) para que brinde información (tipo radar) de proximidad. Esto puede ser analizado por el software y dar información complementaria

para una mayor seguridad. Esta señal del chip o del RFID puede ser reemplazada –o complementada- por la de cualquier celular detectando emisiones de distintas ondas - radio, wifi, bluetooth, otras- aportando más exactitud e información al sistema.

- El sistema “a” puede ser reemplazado por un sistema de radar-sonar con el mismo fin.
- Estos sistemas pueden complementarse con sistemas instalados en las rutas que envíen la información necesaria al automóvil que cuenta con el dispositivo (vía radio, GPS, etc.) mediante antenas abastecidas por energía solar. Estos postes pueden ser reemplazados por drones que sobrevuelan la ruta informando on line estado de la misma.
- Otro sistema adicional que puede implementarse -pero no ya a nivel individual de cada usuario- es un sensor RFID o un CHIP u otro sistema detector (ubicado por ejemplo en la patente) y provisto por el Municipio correspondiente.

Este sensor será detectado por un sistema de rastreo que tiene cada auto y mediante el cual detectará la proximidad de los vehículos, ya sea vayan en el mismo sentido del propio auto o en contrario.

Esta señal aparecerá en pantalla de GPS –incorporada al auto o no- o también podrá ser solo una señal sonora que avisará la presencia de un vehículo –por ejemplo por el GPS o la radio- informando la distancia al mismo.

Mediante un software –que procesa la velocidad de los vehículos cercanos y la compara con el propio- se recomendará la posibilidad o no de sobrepaso o situaciones de peligro (autos detenidos, etc.).

- La alternativa más sencilla que puede implementarse sola o combinada con los demás sistemas propuestos está orientada a avisar a los autos de la mano contraria que mi vehículo se está aproximando.

Sería un sistema más específico y perfeccionado de las luces bajas obligatorias que desde hace unos años deben usarse de día en todos los autos.

La propuesta es entonces un laser –instalado en la parte delantera del auto- y que proyecta un haz de luz que se proyecta en el camino 1000 m hacia adelante.

Esta distancia se debe verificar (y quizás se pueda ajustar automáticamente en función de la velocidad que llevo).

La finalidad es que ese haz de luz avise –anticipe- a los autos que vienen del otro lado que el vehículo se está aproximando sin necesidad de “asomarse” a la mano contraria para ver si viene alguien.

De este modo cuando ven la luz saben que a 1000 metros viene un auto y se evita la maniobra peligrosa de asomarse o los malos cálculos de distancia.

La velocidad de los avances tecnológicos y la generalmente baja de costos que esto implica, nos obliga a dejar abiertas otras posibilidades de soluciones a las ya mencionadas.

### **3.4. Gráficos demostrativos con los problemas de visuales descriptos y la solución propuesta por “SACH”.**

Como se ha explicado, en todas las situaciones donde un vehículo debe sobrepasar a otro, fundamentalmente en rutas de una mano por lado, se presentan problemas de falta de visión que obligan a efectuar maniobras complicadas y peligrosas.

En los gráficos siguientes podrán verse claramente las dificultades relatadas, considerando las dimensiones estándar de los elementos más relevantes que participan en nuestro trabajo. Por ejemplo:

-ancho total de las rutas (ambas manos, sin banquetas) = 7 m

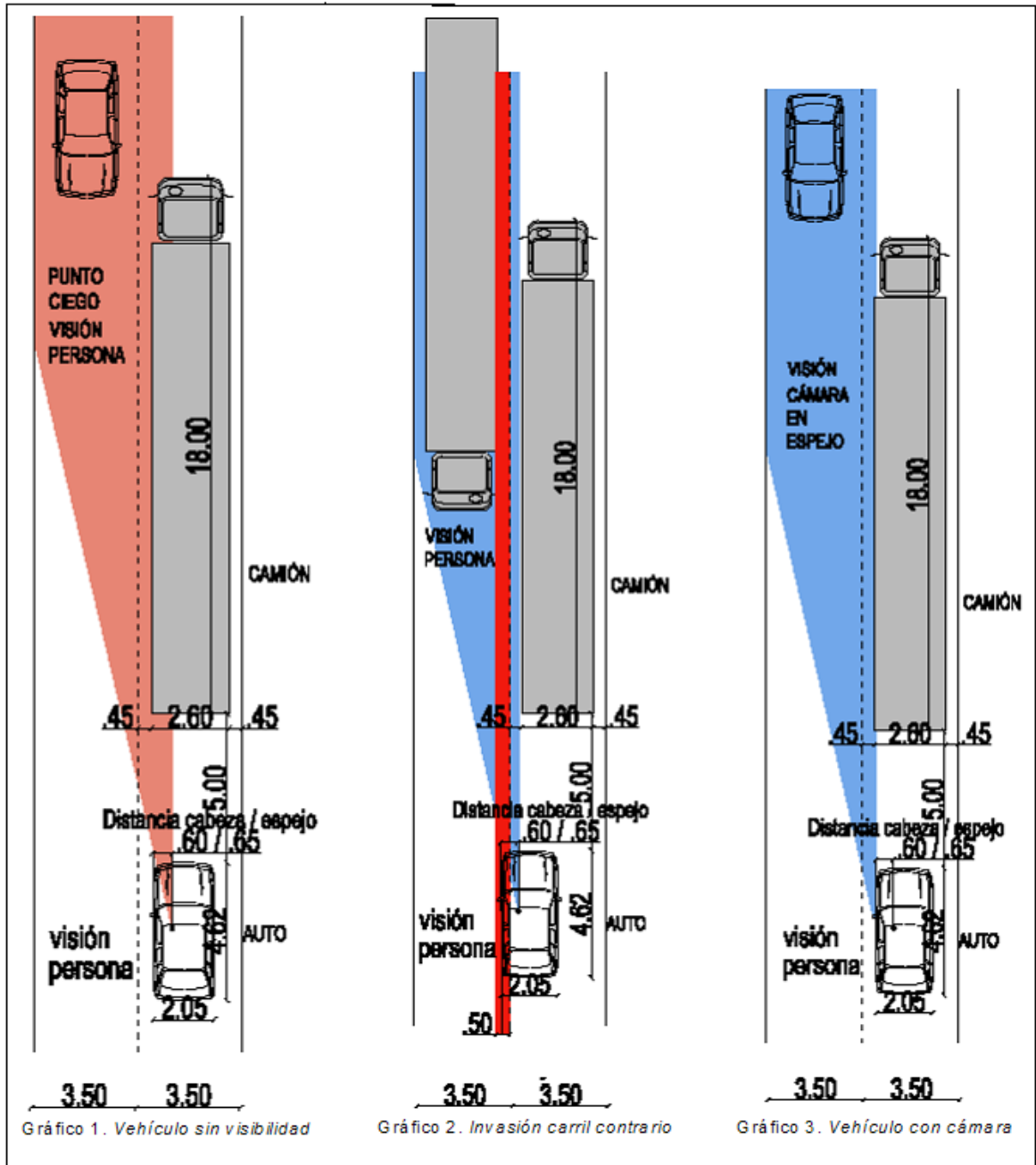
-ancho de un camión = 2,5 m

-ancho de un automóvil (sin espejos) = de 1,65 m a 1,90 m (con espejos entre 20 y 35 cm más)

-distancia de la cabeza del conductor al espejo retrovisor exterior de su lado = 65 / 75 cm

-largo de un camión = 12 m (semi remolque) a 18 m (semi con acoplado)

-largo de un automóvil = hasta 5 m



En el Gráfico 1 puede notarse claramente que el conductor dispuesto a efectuar el sobrepaso, no puede ver al vehículo que se aproxima en el otro sentido hasta que está muy próximo (ver sombreado). En el Gráfico 2 puede verse que el conductor debe invadir la mano contraria para poder visualizar correctamente si se aproxima un vehículo en el otro sentido (sombreado azul). La franja roja muestra así que se trata de un peligro permanente de colisión. Pero además éste se acentúa cuando se trata de camiones, por el ancho y trayecto serpenteante que presentan. En este Gráfico 3 se nota que utilizando una asistencia visual como la propuesta en el trabajo (o los otros sistemas alternativos / adicionales como se relató en los puntos 3.2 y 3.3) se consigue tener un panorama preciso de lo que sucede en la mano contraria sin necesidad de “asomarse”; evitando así realizar una maniobra complicada y riesgosa, minimizando las posibilidades de accidentes.

Es importante mencionar que un automóvil que se desplaza a 100 km/h necesitará para sobrepasar a un camión (de 18m de largo que va a 80 km/h) aproximadamente 220 m. Esto obliga a que cuando se tiene intención de hacer el sobrepaso, se necesite un mayor acercamiento al móvil que se encuentra delante, disminuyendo enormemente la visión como puede verse (Gráfico 1). Pero si se tiene un automóvil enfrente que avanza también a 100 km/h la distancia será casi el doble, aproximadamente 440 m, a fin de evitar maniobras apresuradas y el impacto frontal. Por otro lado, si ambos vehículos (el que sobrepasa y el que avanza por la otra mano) van a una velocidad mayor, como por ejemplo unos 120 km/h (cosa muy probable en rutas de la República Argentina) la distancia necesaria será aproximadamente de unos 550 m.

Es importante destacar también que las situaciones de análisis en los gráficos presentados suponen que los vehículos circulan perfectamente “centrados” en el eje de cada mano de la ruta, condición ideal que es imposible que se cumpla de modo permanente. Esto hace todavía aún más peligroso el sobrepaso en las condiciones actuales de los automotores y caminos de Argentina, resaltando aún más la necesidad de la implementación del sistema “SACH”.

#### **4. CONCLUSIONES**

Como pudo demostrarse, con las propuestas que se tienen en estudio se estaría resolviendo en gran medida un problema que ocasiona aproximadamente el 50% de los accidentes mortales en las rutas asfaltadas del país.

Ya sea por razones de costos o de tecnologías complejas a las que el público en general no puede acceder con facilidad, no se encuentra en el mercado argentino un producto o sistema que resuelva esta grave situación, que es el objetivo central de este trabajo.

Mediante las investigaciones y los análisis realizados, se puede concluir que hoy se dispone de los dispositivos técnicos y de la capacidad humana necesarios para avanzar en el diseño de un producto que, de una manera económica y eficiente, disminuya los choques frontales en las rutas, en particular, como así también los accidentes con vehículos motorizados en general.

Asimismo, al ser un sistema constituido por un equipo -que podrá incluir diferentes sensores, cámaras, láser y otros implementos, más un software específico de asistencia al conductor- será posible dar respuesta también a los objetivos secundarios que plantea la presente investigación, como ser evitar accidentes urbanos, colaborando y promoviendo entonces el desarrollo de las llamadas “ciudades inteligentes”.

De este modo, nuestro trabajo “Diseño de un Sistema de Prevención de Choques Frontales para Vehículos y Automotores “SACH”” genera un impacto por demás positivo en la comunidad toda, proponiendo disminuir drásticamente las posibilidades de muertes y accidentes en las rutas, calles y todo tipo de caminos de la República Argentina.

#### **5. REFERENCIAS.**

1. World Health Organization, WHO: Global status report on road safety 2009. [URL:http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2009](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009)
2. WHO: Decade of action for road safety 2011-2020: Global Launch. URL [http://www.who.int/roadsafety/publication/decade\\_launch](http://www.who.int/roadsafety/publication/decade_launch)
- [1] Motorpasión Futuro | Continental ContiGuard: prevención de accidentes mediante la detección de objetos, AMULETT CAR-2-X, sistema de radio para evitar atropellos, Toyota Prius, Top 10 de los coches innovadores, BMW crea una tecnología capaz de predecir las curvas, Toyota Auris HSD, Ford CoCarX: el coche que se comunica evita accidentes, Audi A6 hybrid, Volvo intenta evitar el atropello de animales
- [2] Motorpasión | Citroën C4, Volkswagen Passat
- [3] Xataka | Sistemas de iluminación avanzados en coches / Xataka en Instagram

#### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Tucumán (UTN) así como al Departamento de Ingeniería Mecánica de la FRT por el apoyo brindado para llevar adelante este trabajo y de este modo tener la posibilidad de disminuir los accidentes en las rutas de nuestra Argentina.

También agradecemos la iniciativa de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y de su Dirección de Acción Social (DASUTEN) por sus iniciativas y proyectos relacionados con la prevención de accidentes viales.

# ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN ALAMBRO DE ALUMINIO MEDIANTE EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE TAGUCHI

Hernández, Alicia<sup>1,2</sup>; García, Liliana<sup>2</sup>; Guillon, M de la Paz<sup>2</sup>; González, Mariano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad Regional Bahía Blanca - Universidad Tecnológica Nacional - [aliciahe@criba.edu.ar](mailto:aliciahe@criba.edu.ar)

<sup>2</sup>Centro de Estudios para la Calidad Total - Universidad Nacional del Sur - [lgarcia@uns.edu.ar](mailto:lgarcia@uns.edu.ar)

<sup>3</sup>Facultad Regional Chubut - Universidad Tecnológica Nacional - [gonzalez.mariano@gmail.com](mailto:gonzalez.mariano@gmail.com)

## RESUMEN

En el proceso de producción del alambro de aluminio la resistencia a la tracción es una característica de calidad de vital importancia, tanto para el consumidor como para el fabricante en la certificación del producto.

El objetivo de este trabajo es determinar las variables críticas que afectan la resistencia a la tracción del alambro de aluminio AA6101, así como sus niveles óptimos, en el proceso de producción llevado a cabo en la planta productora de aluminio primario que la empresa Aluar S.A. posee en Puerto Madryn.

La determinación de la combinación óptima de las variables de entrada al proceso de producción requiere de un diseño experimental. Es deseable, para agilizar la experimentación y minimizar los costos asociados, obtener estos resultados con un número reducido de ensayos, por lo cual se optó por trabajar con la metodología Diseño de Experimentos (DDE) de Taguchi.

De las cinco variables de entrada originalmente consideradas para este estudio, mediante la DDE de Taguchi L16, se determinó que tres de ellas y sólo una interacción eran críticas para maximizar la resistencia a la tracción; mientras que, del análisis de Señal/Ruido, las mismas tres variables resultaron significativas en la variabilidad de la resistencia a la tracción. Posteriormente se estableció cuál de los dos niveles asignados a cada una de esas variables, optimizaba la resistencia a la tracción. Un ensayo de confirmación permitió verificar los resultados obtenidos.

Gracias a la DDE de Taguchi se obtuvieron mejoras significativas en la resistencia a la tracción del alambro de aluminio AA6101, utilizando la mitad de los ensayos requeridos que si se hubiera realizado un diseño saturado.

En este trabajo se presentan el estudio realizado y los resultados obtenidos. Para el procesamiento de los datos se empleó el software SECTOR ver 5.0, desarrollado por el Centro de Estudios de Calidad Total de la Universidad Nacional del Sur.

**Palabras Claves:** resistencia a la tracción – alambro AA6101 – DDE – Taguchi - mejora

## ABSTRACT

In the production process of aluminum wire rod, tensile strength is a quality characteristic of vital importance, both for the consumer and for the manufacturer in the certification of the product.

The objective of this work is to determine the critical variables that affect the tensile strength of the AA6101 aluminum wire rod, as well as its optimal levels, in the production process carried out in the primary aluminum production plant that the company Aluar SA owns in Puerto Madryn.

The determination of the optimal combination of the production process input variables requires an experimental design. It is desirable, to make easy the experimentation and to minimize the associated costs, that these results could be obtained with a reduced number of trials. Therefore we chose to work with the Taguchi method of Design of Experiments (DDE).

It was determined by the Taguchi DDE L16 that three variables of the originally five input variables considered for this study, and only one interaction, were critical to maximize the tensile strength. Based on Signal / Noise analysis, the same three variables were significant in the tensile strength variability. Then it was established which of the two levels assigned to each of these variables optimized the tensile strength. The results obtained were checked by a confirmation test.

Significant improvements were obtained in the tensile strength of the AA6101 aluminum wire rod through applying the Taguchi DDE. Moreover, there were only done half of the required tests that if a saturated design had been made.

In this work it is presented the study carried out and the results obtained. SECTOR 5.0 software developed by the *Centro de Estudios de Calidad Total, Universidad Nacional del Sur*, was used for the processing of the data.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aluar es una empresa de capitales argentinos dedicada a la producción de aluminio. En la actualidad abastece completamente el mercado local con aproximadamente el 30% de su volumen producido, exportando el otro 70% a países como Estados Unidos, Brasil, Japón y Alemania, entre otros. En la planta situada en la ciudad de Puerto Madryn, provincia de Chubut, se materializa el grueso de las operaciones de Aluar S.A. Sus actividades comprenden desde la obtención del aluminio en estado líquido hasta su solidificación en distintos productos como: chapas, lingotes de aluminio puro y de aleación, barrotos para extrusión, chanchas de Zinalum, placas para deformación plástica por laminación y bobinas de alambón de aluminio puro y con agregado de aleantes, siendo estos últimos los de mayor complejidad productiva, y por lo tanto, de mayor valor agregado.

El objetivo de este trabajo es determinar las variables críticas que afectan la resistencia a la tracción del alambón de aluminio aleado AA6101, así como sus niveles óptimos, en el proceso de producción llevado a cabo en la planta productora de aluminio primario que la empresa Aluar S.A. posee en Puerto Madryn.

## 2. PRESENTACION DEL PROBLEMA

La producción del alambón en la planta mencionada se realiza en una máquina de fabricación italiana (Properzi). Esta máquina consta de un sistema de colada, donde se solidifica el aluminio líquido, y un tren laminador en línea, seguido de un equipo bobinador, el cual entrega bobinas de alambón de dos toneladas, de diámetros 9,5mm y 12mm. Las aleaciones más comúnmente coladas son: AA1350, AA6101, AA6201 y AA3XXX [1].

La aleación AA6101 es una aleación termo - envejecible, cuya fase endurecedora es el siliciuro de magnesio. Se utiliza principalmente en la fabricación de conductores eléctricos, por lo que se busca en ella una buena combinación de propiedades mecánicas y eléctricas. En el proceso de producción del alambón AA6101 hay dos características de calidad de vital importancia, tanto para el consumidor como para el fabricante en la certificación del producto, que son la resistencia a la tracción y la conductividad. Realizado un análisis preliminar se observó que ambas características se encontraban bajo control estadístico. El estudio de la capacidad del proceso para cada una de ellas determinó que el índice de capacidad ( $C_p$ ) para conductividad era superior al valor 1 de referencia (Figura 1). Sin embargo, en el caso de la resistencia a la tracción, se observó un índice de capacidad ( $C_{pk}$ ) de 0.5 (se tomó el índice de capacidad correspondiente a procesos no centrados, como se observa en la Figura 2) [2].

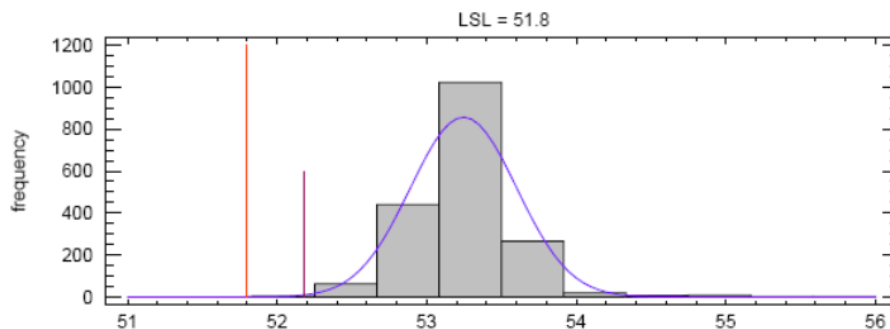


Figura 1 Análisis de Capacidad para Conductividad

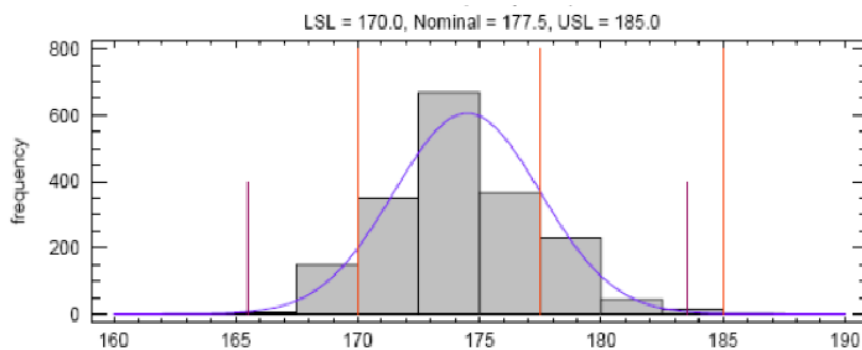


Figura 2 Análisis de Capacidad para Resistencia a la tracción

El estudio de capacidad del proceso permitió concluir que no se tenía un proceso capaz con respecto a esta última característica (resistencia a la tracción). Es por ello que este trabajo tiene como finalidad determinar la combinación de variables críticas y niveles óptimos que afectan la resistencia a la tracción del alambroón AA6101 elaborado por Aluar S.A.

Las variables que se consideran que pueden afectar la resistencia a la tracción del alambroón AA6101, además del contenido de silicio y el contenido de magnesio presentes en la aleación, son la concentración de la emulsión, la temperatura de la emulsión y la temperatura de la barra a la entrada al laminador. Claramente, la determinación de la combinación óptima de variables y niveles, es un problema de diseño de experimentos. Es deseable, para agilizar la experimentación y minimizar los costos asociados, obtener los resultados con un número reducido de ensayos, por lo cual se optó por trabajar con la metodología Diseño de Experimentos (*DDE*) de Taguchi [3].

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño de Experimentos. Método de Taguchi

El método de Diseño de Experimentos se utiliza en aquellos procesos en los se desea determinar si una o más variables independientes (factores) tienen influencia sobre la media de una variable respuesta. Evalúa simultáneamente en una misma experimentación los efectos de los factores y sus interacciones; permite un análisis completo de los resultados experimentales [4], pudiéndose además obtener, para aquellos factores que tienen influencia sobre la media de la variable respuesta, el mejor nivel que la optimiza. Existen diversos tipos de *DOE*, entre ellos, el método de Taguchi.

Genichi Taguchi innovó y simplificó el *DOE* clásico con la introducción de las tablas conocidas como arreglos ortogonales (AO), que son una modificación de las matrices de Hadamard (matrices ortogonales  $n \times n$ ). A través de un AO se determina de una manera estandarizada la combinación de los niveles de los factores que se probarán en cada ensayo. Los AO permiten examinar hasta un total de  $n-1$  factores, siempre y cuando no se consideren las interacciones entre los mismos. Facilitan y, en algunos casos, reducen gran parte del esfuerzo del diseño experimental porque posibilitan evaluar simultáneamente numerosos factores con un número mínimo de ensayos, permitiendo así disminuir los requerimientos de la experimentación.

La visión acerca de la mejora de la calidad de Taguchi es integral: no sólo propone un método para optimizar la media de los procesos, sino también brinda un método para disminuir la variabilidad presente en todo proceso [5].

La variabilidad en las características de calidad de un proceso se produce por tres motivos: por el propio diseño del proceso, por el accionar de factores que no pueden ser controlados o porque los niveles de los factores no se mantienen constantes a lo largo del proceso de producción [6]. Taguchi basa su estrategia para la reducción de la variabilidad en el índice de Señal/Ruido. Este se calcula a partir de los resultados experimentales y permite, a través de un Análisis de la Varianza (*ANOVA*, *Analysis of Variance*) determinar los factores e interacciones que tienen influencia en la variabilidad del proceso pudiéndose, además, obtener para estos factores el mejor nivel que hace robusto el proceso [7]. El índice de Señal/Ruido se designa como S/R y su unidad de medida es el decibel (db).

Cuando la variabilidad se produce por el propio diseño del proceso, Taguchi emplea para planificar la experimentación el método de Repeticiones Simples, que mide la variabilidad del proceso a través de las réplicas de los ensayos. Cuando se produce por el accionar de factores de ruido (factores cuyos niveles no son establecidos por el investigador), Taguchi utiliza los arreglos Interno/Externo, los que son una combinación de dos AO, en uno de los cuales (arreglo interno) se colocan los factores de control (factores cuyos niveles son establecidos por el experimentador) y en el otro, (arreglo externo), los factores de ruido. Si, en cambio, la variabilidad se debe a que los niveles de los factores de control no se mantienen constantes a lo largo del proceso, Taguchi emplea el Arreglo Alternativo Interno/Externo, que de manera análoga al arreglo Interno/Externo, combina un arreglo interno donde se colocan los factores de control, y uno externo, donde se ubican sólo los factores de control cuyos niveles no se mantienen constantes. Una vez planificada y concretada la experimentación, con los resultados obtenidos se calcula el índice S/R para cada ensayo; con ellos se realiza un *ANOVA* que determina cuáles de los factores contenidos en el arreglo interno son significativos. Una vez determinada la combinación de factores y niveles óptimos, Taguchi recomienda realizar un ensayo de confirmación.

#### 3.2 Aplicación del Método Taguchi

De acuerdo con el objetivo del trabajo, la variable respuesta es la resistencia a la tracción del alambroón. Las variables: contenido de silicio, contenido de magnesio, concentración de la emulsión, temperatura de la emulsión y temperatura de la barra a la entrada al laminador pueden

ser controladas por el experimentador, por lo tanto - según Taguchi - son factores de control. Para poder determinar los factores significativos y los mejores niveles que maximicen la resistencia promedio a la tracción y disminuyan la variabilidad del proceso, se seleccionó un Arreglo Ortogonal con Repeticiones Simples. Atendiendo al conocimiento del proceso y consideraciones prácticas (factibilidad y costos de implementación principalmente), se decidió fijar dos niveles para cada uno de los factores (tabla 1).

Tabla 1: Factores y niveles

Factor	Nivel 1	Nivel 2
A: Contenido de Silicio (%)	0.41	0.43
B: Contenido de Magnesio (%)	0.46	0.48
C: Concentración de la emulsión (%)	11	15
D: Temperatura de la emulsión (°C)	68	74
E: Temperatura de la barra a la entrada al laminador (°C)	535	555

En la asignación de los valores de los niveles de contenido de silicio y de magnesio se buscó trabajar con valores lo más cercanos posibles a los límites de especificación, sin sobrepasarlos (para evitar interrumpir el proceso y corregir la preparación del horno). En cuanto a la temperatura y concentración de la emulsión, se conoce empíricamente que, dentro de los niveles supuestos para el estudio, el proceso no presenta otros problemas que los relacionados con la resistencia a la tracción. Con respecto a la temperatura de la barra a la entrada al laminador, los valores propuestos se desprenden de consideraciones físicas relacionadas con la solidificación (temperaturas más elevadas podrían ocasionar rupturas en la barra, y temperaturas más bajas afectarían al laminador).

Dado que los cinco factores seleccionados se evalúan a dos niveles y sólo se considerarán las interacciones de primer orden, se seleccionó un arreglo L16 (2<sup>4</sup>). Este arreglo permite evaluar el efecto de los cinco factores y las interacciones dobles con sólo 16 ensayos y una réplica por ensayo.

#### 4. RESULTADOS

Las pruebas de tracción se llevaron a cabo en la planta de la empresa sobre el alambro de aluminio AA6101 (AA6101/B alambro 9,5 mm / T4 / 170-185 MPa / 51,8% IACS, código 3844) en una máquina de tracción, de acuerdo a las normas ASTM E8M. En cada prueba se midió la resistencia máxima en MPa.

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el software SECTOR 5.0, de diseño propio, perteneciente al Centro de Estudios para la Calidad Total de la Universidad Nacional del Sur, debido a que los software de diseño de experimentos disponibles no permitían el análisis para repeticiones simples.

En una primera etapa se realizó el análisis de S/R con el objetivo de determinar los factores significativos para reducir la variabilidad de la resistencia a la tracción. Se utilizó el método de "mayor es mejor", ya que se pretendía maximizar la resistencia. En la tabla 2 se muestran los índices de S/R obtenidos de los datos.

Tabla 2: Listado de índices de Señal/Ruido por ensayo

SR[1] ]	44,69	SR[9]	44,86
SR[2] ]	44,66	SR[10]	44,74
SR[3] ]	44,86	SR[11]	44,86
SR[4] ]	44,66	SR[12]	44,76
SR[5] ]	44,86	SR[13]	44,71
SR[6] ]	44,73	SR[14]	44,96
SR[7] ]	44,91	SR[15]	44,93
SR[8]	44,84	SR[16]	44,73



Con los índices de S/R anteriores, se realizó un ANOVA. Como se tiene un único valor de índice de S/R por cada ensayo, en el ANOVA correspondiente no es posible estimar el cuadrado medio del error y, por lo tanto, no es posible determinar aún cuáles son los factores o interacciones significativas. En estos casos se utiliza el método *pooling* [3] que, mediante el análisis de las contribuciones de cada factor e interacción a la variabilidad total, permite estimar el cuadrado medio del error. Una vez resuelto el ANOVA se concluyó que los factores significativos son: el contenido de magnesio, temperatura de la emulsión y la temperatura de la barra a la entrada al laminador, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3: ANOVA de los factores e interacciones dobles (utilizando los índices S/R)

Fuente de variación	GL	F	Valor p
<b>A</b>	1	2,18	0,17806
<b>B</b>	1	6,19	<b>0,03764</b>
<b>AB</b>	1	2,16	0,17984
<b>C</b>	1	2,14	0,18165
<b>D</b>	1	6,26	<b>0,03683</b>
<b>CD</b>	1	5,23	0,05151
<b>E</b>	1	8,58	<b>0,01902</b>
Error	8		
Total	15		

Del análisis de la S/R promedio por nivel de factor, se determinó que: se debe fijar el contenido de magnesio en 0.48 % (nivel 2), la temperatura de la emulsión en 68 °C (nivel 1) y la temperatura de la barra a la entrada al laminador en 555°C (nivel 2). Dado que el contenido de silicio y la concentración de la emulsión no resultaron factores significativos, se eligió su nivel considerando el de menor costo o el más fácil de implementar.

En una segunda etapa, se evaluaron los factores para maximizar la resistencia media. Con los datos de la experimentación se realizó el ANOVA. Resultaron significativos el contenido de magnesio, la temperatura de la emulsión, la temperatura de la barra a la entrada al laminador y una interacción, como se observa en la tabla 4.

TABLA 4: ANOVA con los resultados de los ensayos

Fuente de variación	GL	F	Valor p
<b>A</b>	1	2,51	0,13269
<b>B</b>	1	7,38	<b>0,01524</b>
<b>AB</b>	1	2,51	0,13269
<b>C</b>	1	2,51	0,13269
<b>AC</b>	1	1,85	0,19264
<b>BC</b>	1	0,05	0,82589
<b>ED</b>	1	0	0,99214
<b>D</b>	1	7,38	<b>0,01524</b>
<b>AD</b>	1	1,28	0,27457
<b>BD</b>	1	1,85	0,19264
<b>CE</b>	1	1,28	0,27457
<b>CD</b>	1	6,21	<b>0,02406</b>
<b>BE</b>	1	1,85	0,19264
<b>AE</b>	1	1,28	0,27457
<b>E</b>	1	10,05	<b>0,00594</b>
<b>Error</b>	16		
<b>Total</b>	31		

Luego se determinaron los niveles óptimos para cada factor, analizando la resistencia media en cada nivel. Se concluyó que: el contenido de magnesio en 0.48% (nivel 2), la temperatura de la emulsión 68 °C (nivel 1) y la temperatura de la barra a la entrada al laminador en 555°C (nivel 2) maximizan la resistencia media. Si bien el factor concentración de la emulsión no resultó

significativo, sí lo fue su interacción con el factor temperatura de la emulsión, por ello también se determinó su nivel óptimo, en 15% (nivel 2).

Como tercera y última etapa se llevó adelante el ensayo de confirmación fijando los factores significativos en los niveles óptimos determinados en la etapa anterior.

Este ensayo permitió concluir que la resistencia a la tracción promedio mejoró respecto a los valores iniciales. Se recomendó continuar con el proceso funcionando con los factores significativos en los niveles óptimos, de modo de determinar si también se logran mejoras en la capacidad del proceso.

## 5. CONCLUSIONES

En la actualidad los procesos de producción de bienes y de prestación de servicios tienden a ser cada vez más complejos, provocando que el número de factores a analizar aumente, así como también el número de niveles para ellos. Es notable la practicidad del método de Taguchi como alternativa al *DOE* clásico cuando se trabaja con factores a tres niveles, ya que permite evaluarlos con la misma metodología que factores a dos niveles, lo que no sucede con el *DOE* clásico.

En el trabajo presentado, la aplicación del AO L16 permitió determinar los factores significativos que maximizan la resistencia media a la tracción del alambro de aluminio AA6101 y disminuyen la variabilidad de la resistencia, con sólo 16 ensayos (con una réplica). El *DOE* clásico hubiera requerido 32 ensayos más una réplica como mínimo para poder realizar el *ANOVA*. La utilización del *DOE*, método de Taguchi, permitió la optimización de la resistencia a la tracción del alambro de aluminio AA6101 con un número menor de ensayos, agilizando la experimentación y disminuyendo los costos asociados.

Taguchi basó su estrategia para la reducción de la variabilidad presente en todo proceso en un método estadístico simple, pero efectivo, como el índice de Señal-Ruido. La aplicación del *DOE*, método de Taguchi, permitió concluir que el alambro de aluminio AA6101 con la mayor resistencia a la tracción es aquel que se produce con contenido de silicio en el nivel más económico o más fácil de implementar, y contenido de magnesio de 48%, con una concentración de la emulsión de 15%, a una temperatura de la emulsión de 68°C, entrando la barra al laminador a 555°C.

Las contribuciones de Taguchi al Control Estadístico de la Calidad están plenamente vigentes, pues facilitan el desarrollo de la investigación orientada a la mejora de la calidad en la empresa, como se exhibe en este trabajo.

## 6. REFERENCIAS

- [1] <https://www.aluar.com.ar> [Consulta en línea: 10/08/18]
- [2] Gutiérrez Pulido, Humberto; De la Vara Salazar, Román. (2005). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México. Segunda edición. McGraw Hill. México.
- [3] Taguchi, Genichi. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. New Jersey. John Wiley and Sons. EEUU.
- [4] Romero Villafranca, Rafael; Zúñiga Ramajo, Luisa. (2004). *Métodos Estadísticos en Ingeniería*. Valencia. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España.
- [5] Mascó, Roger. (1996). *Manual para la Aplicación del Método de Taguchi en la Ingeniería de Calidad y el Diseño de Experimentos Industriales*. Rosario. UNR Editora. Argentina.
- [6] Prat Bartés, Albert; Tort-Martorell Llabrés, Xavier; Grima Cintas, Pere, Pozueta Fernández, Lourdes. (2000). *Métodos Estadísticos. Control y Mejora de la Calidad*. Barcelona. Alfaomega Grupo Editor. España.
- [7] Wu, Yui; Wu, Alan. (1997). *Diseño Robusto utilizando los Métodos de Taguchi*. Madrid. Ediciones Díaz de Santos. España.

# Edificios Industriales y Aislamiento Sísmico

**Guisasola, Adriana**

*Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad de Mendoza*

*Paseo Dr. Emilio Descotte 750, 5500 Mendoza*

*adriana.guisasola@um.edu.ar*

## RESUMEN

Entre los diferentes peligros que amenazan la vida humana, los Terremotos están fuera del control de las personas. No se pueden evitar pero sí se pueden tomar medidas preventivas para disminuir sus efectos.

Este documento, que forma parte de una Investigación de Tesis Doctoral en Arquitectura, informa cómo el Diseño Estructural Sismorresistente con nuevas tecnologías de Protección Sísmica puede producir beneficios en el Diseño Arquitectónico de Edificios Industriales.

Si una tecnología relativamente nueva, como el Aislamiento Sísmico de Base, se puede complementar con la colaboración de un equipo interdisciplinario desde el nacimiento de un proyecto, es posible lograr una mejora no solo en su diseño sísmico sino también en su diseño arquitectónico.

La metodología adoptada para esta Investigación consistió en identificar las implicaciones arquitectónicas del uso del Aislamiento Sísmico de Base en Naves Industriales y otros edificios similares, ubicadas en el Mundo Sísmico. Los tres componentes arquitectónicos básicos: *Firmitas* (firmeza), *Utilitas* (utilidad) y *Venustas* (belleza) que comprenden la definición de Vitruvio de la Arquitectura se analizaron para cada edificio.

El documento concluye que el uso de Aislamiento Sísmico de Base en los edificios analizados ha incrementado la calidad general de su diseño arquitectónico y sísmico.

**Palabras clave:** diseño arquitectónico, aislamiento sísmico, protección sísmica

## ABSTRACT

Among the different dangers that threaten the human beings, earthquakes are causes completely out of people's control. They cannot avoid them. They can just take preventive measures against them to diminish their effects.

This paper, that is part of a Doctoral Thesis Research in Architecture, reports on an investigation into how Seismic Structural Design with new seismic protection technologies can produce benefits for the architectural design of Industrial Buildings.

If a relatively new technology such as base isolation can be coupled with interdisciplinary collaboration from the birth of a project, it seems possible to achieve an improvement not only in their seismic, but also in their architectural design.

The methodology adopted for this research consisted on identifying architectural implications of the use of base seismic isolation Industrial Buildings around the Seismic World. The three basic Architectural Qualities of the Vitruvian definition, *Firmitas* (firmness), *Utilitas* (utility) and *Venustas* (beauty) were analysed for each building.

The paper concludes that the use of base isolation in Industrial buildings studied has increased the overall quality of their architectural and seismic design.

## 1. INTRODUCCIÓN

Casi dos terceras de la corteza terrestre son sísmicamente activas, y cada año se producen más de 150.000 sismos lo suficientemente fuertes para ser sentidos. Alrededor de mil millones de personas viven en estas zonas propensas a sufrir terremotos.

Entre los diversos peligros que amenazan al hombre, los terremotos obedecen a causas que están por completo fuera de su control. No puede evitarlos, sólo puede prevenir y disminuir sus efectos.

La Arquitectura debe tener en cuenta los principios del Diseño Estructural Sismorresistente [1], y estar actualizada con respecto al avance de las Tecnologías de Protección Sísmica, al igual que realiza con respecto a la Sustentabilidad, Sostenibilidad, Consumo de recursos, Reciclaje de elementos y otros.

El arquitecto concibe y diseña la configuración de la construcción, por lo tanto influye en el desempeño sísmico del edificio [2,3]. Los arquitectos, por lo tanto se encuentran en una posición crucial para influir en la seguridad sísmica de los edificios [4].

La Aislación Sísmica de Base constituye un gran avance de la Ingeniería para disminuir los efectos que produce un terremoto en las obras de arquitectura. Pero se observa que aún no existe una adecuada integración entre ambas disciplinas que permita concebir nuevos proyectos que utilicen esta tecnología.

En el diseño de la mayoría de los nuevos edificios con aislamiento de base, la arquitectura se limita a resolver problemas de detalle como las instalaciones, escaleras, ascensores y los elementos que pueden impedir el libre desplazamiento del edificio en el gap.

## 2. DESARROLLO

El aislamiento sísmico consiste en insertar una interfaz generalmente entre el edificio y sus cimientos. Consiste en localizar dispositivos capaces de absorber energía a través de la deformación horizontal inducida durante la sacudida del suelo, con el objetivo de desacoplar el movimiento del suelo, modificando la respuesta del edificio durante un evento sísmico.

La inserción de dispositivos de aislamiento que comprenden este sistema permite que el edificio permanezca casi inmutable en relación con el movimiento del suelo, lo que resulta en una drástica reducción del daño tanto a los elementos estructurales como a los elementos no estructurales y al contenido del edificio. Figura 1

### Comparación de Edificio con diseño tradicional y Edificio que utiliza en el Diseño Arquitectónico dispositivos de Aislamiento Sísmico

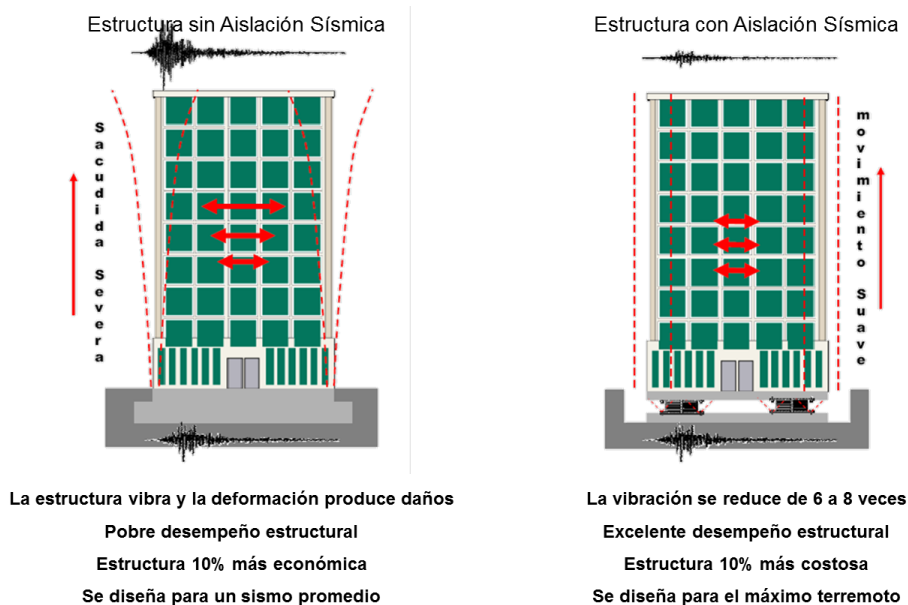


Figura1: Comportamiento de un edificio con y sin aislamiento sísmico (elaboración propia)

El diseño arquitectónico convencional contempla un riesgo sísmico aceptado que permite una disminución en el nivel de daños en una construcción. No los evita.

Esto implica un cambio de postura conceptual, de actitud y de decisión frente al problema. Uno consiste en controlar los daños diseñándolos, pero no los elimina; el otro persigue la reducción drástica mediante el uso de nuevos dispositivos. La solución es muy diferente y requiere una adaptación a los cambios que posibilita una nueva concepción de la reducción de daños en las construcciones frente al sismo. De esta forma las nuevas tecnologías de Protección Sísmica tienen aplicaciones que generan un nuevo concepto de Arquitectura [5].

El uso de esta tecnología permite lograr la protección de la vida y la seguridad de los usuarios, la reducción del daño estructural en sismos severos, la protección de equipamientos de alta tecnología, la reducción del costo potencial asociado al daño estructural durante la vida útil del edificio, la preservación de la funcionalidad del edificio durante un sismo severo, la disminución de pérdidas económicas por paralización de actividades en caso de sismo. Además en edificios existentes se pueden realizar rehabilitaciones arquitectónico-estructurales.

La tecnología de Aislación Sísmica de base ha sido mundialmente comprobada en múltiples terremotos con un desempeño estructural nunca alcanzado antes [6].

En 2014, más de 24,000 estructuras, ubicadas en más de 30 países, han sido protegidas por sistemas de protección sísmica, principalmente por aislamiento sísmico y la disipación de energía [7].

## **2.1 Arquitectura Sísmica**

El Hombre es la causa y la razón de ser de la Arquitectura. La Persona Humana es un ser que necesita protegerse de las amenazas naturales y sociales y lo realizó primero en las cavernas hasta llegar hoy a los rascacielos.

La **Arquitectura** debe ser un sistema de protección pasiva frente a la diversidad de elementos que puedan poner en peligro la vida. Debe dar cobijo al desamparo del ser humano frente a la vida.

La **Ingeniería Sísmica** emerge como una rama interdisciplinaria de la ingeniería civil y las ciencias de la tierra, orientada primariamente a la mitigación de la amenaza sísmica. Los complejos requerimientos de la ingeniería sísmica influyen directamente la composición arquitectónica y los conceptos en arquitectura [8]. Así, el análisis detallado de influencias es la base ineludible para cualquier actividad arquitectónica en áreas sísmicas.

La **Arquitectura Sísmica** es la combinación de los principios del diseño arquitectónico y los de ingeniería sismorresistente. Combina lo necesario de ambos campos y establece nuevas interconexiones conceptuales dentro del campo de la Arquitectura.

El ajuste en los requerimientos de la construcción sismorresistente se observa a menudo como una presión a la libertad artística y una limitación a las tendencias que provienen de las áreas del mundo no propensas a terremotos.

Sin embargo el problema principal no son sólo las limitaciones sino la carencia de conocimiento para desarrollar diseños estructurales sismorresistentes con una arquitectura adecuada, ingeniosa, innovadora, audaz, segura, sustentable y sostenible.

### **2.1.1 Variables de la Arquitectura**

Desde el área de la Teoría de la Arquitectura, el punto de partida para analizar las Variables de la Arquitectura, se tomarán las definidas como principales Utilitas, Firmitas y Venustas por Marcus Vitruvius Pollio (arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del s1 a. C.) [9]. A lo largo del tiempo estas variables fueron evolucionando a partir de la complejidad que fue adquiriendo la arquitectura.

Venustas (V) se refiere a la belleza como elemento estético, el significado y comunicación de un mensaje. Utilitas (U) a la función a que se destina la obra, la organización y distribución de los espacios arquitectónicos y Firmitas (F) representa los conceptos de durabilidad, firmeza, estabilidad, permanencia, resistencia y configuración entre otros. La seguridad que menciona Vitruvio alude a los aspectos materiales y técnicos de la Arquitectura. Figura 2.

## VITRUVIUS ARCHITECTURAL QUALITIES

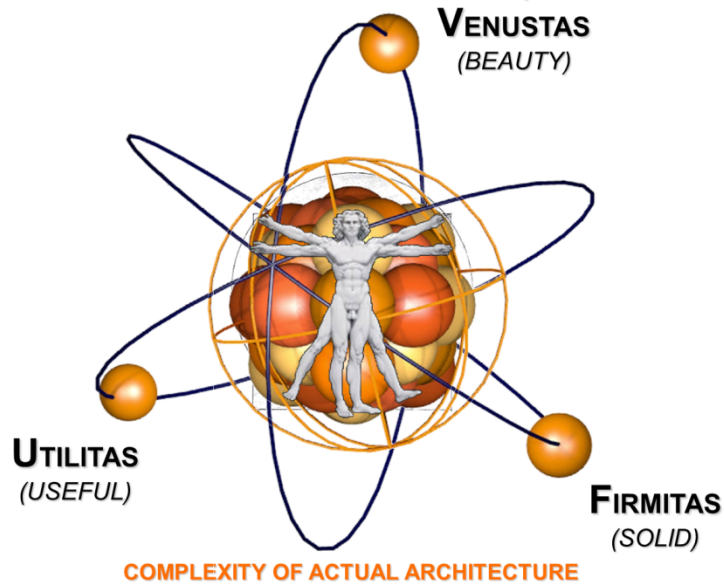


Figura 2: Variables de la Arquitectura (elaboración propia)

Con Ingeniería comparte la variable “Firmitas”, con lo cual existe una zona de contacto donde confluyen con la Arquitectura y la Materialización de la obra. Entonces es necesario identificar los componentes comunes que existen para disponer de una visión más amplia y más compleja del diseño arquitectónico estructural, crítico en zona sísmica.

### 2.1.2. Variables de la Arquitectura Sísmica

La variable Firmitas es la que representa la posibilidad de diseñar adecuadamente Arquitectura apropiada a zonas de alto riesgo sísmico, la cual incorpora la aislación sísmica de base como estrategia de reducción de daños. Se torna entonces de vital importancia y debe encontrarse presente desde la concepción misma del diseño arquitectónico.

Desde este enfoque, la arquitectura cuando se inserta en su contexto sísmico recibe acciones externas como el terremoto y debe responder mediante acciones internas. Entonces la obra de arquitectura debe tener la performance arquitectónica y la performance estructural adecuadas para soportarlo. Figura 3

El análisis se realiza mediante la interrelación entre las tres variables de la Arquitectura que utiliza la Aislación Sísmica de Base, lo cual permitirá evidenciar cómo se optimiza y enriquece el diseño arquitectónico.

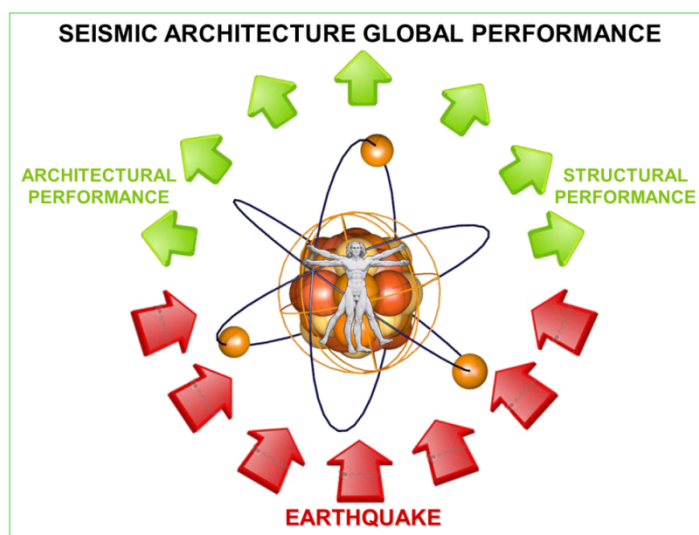


Figura 3: Interdependencia del Diseño Arquitectónico con su Contexto (elaboración propia)

## 2.2. Análisis de Edificios Industriales con Aislamiento Sísmico de Base y otros similares

La metodología aplicada para el análisis consistió en realizar una identificación de las variables arquitectónicas más sobresalientes de las obras con el fin de descubrir las potencialidades que surgen como consecuencia del uso del aislamiento sísmico de base en el diseño arquitectónico.

### 2.2.1. Análisis de las Variables de la Arquitectura Sísmica que surgen de la utilización de Aislación Sísmica de Base.

 <p>Imagen Keiko Morita</p>	<p><b>Powerico New Takamatsu Data Center, Shikoku, Japan 2013</b></p> <p>(U) Dada la función del edificio, posee contenidos de última generación de alta tecnología como sala de servidores sensibles que necesitan temperatura controlada. El sistema de aire acondicionado es de alta complejidad, alimentado por energía solar proveniente de los paneles de la cubierta.</p> <p>(F) El Edificio está diseñado con el sistema de aire acondicionado en cascada para proteger los complejos espacios que requieren los equipamientos.</p> <p>(F) Durante un terremoto el sistema de aislamiento sísmico filtrará las ondas sísmicas, reduciendo el movimiento de la superestructura.</p> <p>(V) El diseño arquitectónico volumétrico permitió lograr una forma que sugiere una imagen de protección forma de los contenidos.</p>
 <p>Imagen Mario Alvarez</p>	<p><b>Edificio VULCO, Santiago, Chile 2005</b></p> <p>Primer edificio prefabricado con aislamiento sísmico en Chile.</p> <p>(U) Cuenta con plantas libres para la necesaria disposición de espacios arquitectónicos adecuados iluminados y ventilados convenientemente.</p> <p>(F) La estructura prefabricada de vigas y columnas de hormigón armado se construyó en sólo veinte días. El sistema de aislación subsana los inconvenientes que tienen los sistemas prefabricados en zonas sísmicas, como son las uniones de los elementos verticales y horizontales.</p> <p>(V) Conformar una volumetría simple donde predomina la imagen horizontal de los elementos estructurales.</p>
 <p>Imagen Adriana Guisasola</p>	<p><b>Edificio per i beni culturali, Foligno, Italia, 2000</b></p> <p>(U) El diseño arquitectónico está en función de la necesidad del requerimiento de amplios espacios libres para almacenar las obras de arte que necesiten traslado.</p> <p>(F) El Sistema de aislamiento se ubicó debajo de la cubierta, sobre grandes pórticos de hormigón armado.</p> <p>(V) Gran volumetría octogonal compacta que transmite la función de almacenaje de obras de arte luego de producido un terremoto.</p>
 <p>Imagen SIRVE.cl</p>	<p><b>Planta de Cristalerías de Chile, Llay Llay 2011</b></p> <p>(U y F) El 27F provocó graves daños en la fábrica de vidrio.</p> <p>Se aplicó este sistema en el sector del horno y también se aislaron los sectores claves del proceso donde se manipula el vidrio caliente, para asegurar la continuidad en la operación con una protección a las zonas más críticas.</p> <p>(V) La volumetría es innovadora al observar la sucesión de arcadas livianas vidriadas.</p>
 <p>Imagen Bernard Tschumi</p>	<p><b>Nuevo Museo de la Acrópolis, Atenas, Grecia, 2009</b></p> <p>(U) La función es la de albergar las más espectaculares esculturas de la antigüedad griega. El recorrido ofrecido a los visitantes se basó una rica secuencia de movimiento, tanto a través del tiempo como en la espacialidad</p> <p>(F) El edificio se construyó sobre una red de columnas, conservando cuidadosamente los restos arqueológicos del sitio. Los pilotes atraviesan el suelo hasta la roca firme y flotan sobre el sistema de aislamiento sísmico.</p> <p>(V) Se aprecia a lo lejos como una gran masa geométrica insertada junto al pie de la Acrópolis. Ofrece una arquitectura simple y precisa con la claridad matemática y conceptual de la antigua Grecia.</p>



### 3. CONCLUSIONES PARCIALES

Luego de realizado el análisis se obtienen las siguientes conclusiones de las variables de la Arquitectura Sísmica.

#### **UTILITAS: beneficios con respecto a la función que se incrementan con el uso de ASB**

- Se logra la optimización del uso del espacio ya que permite un mayor aprovechamiento arquitectónico. El grado de incidencia o interferencia de la estructura desde el punto de vista de la utilización y distribución del espacio arquitectónico es menor.
- Se mantienen operativas las funciones de los edificios luego de un sismo severo.
- Se optimiza la protección física y psicológica de los usuarios mediante la reducción de los daños.
- Se disminuye el trauma psicológico que genera la percepción de un movimiento sísmico importante y las devastadoras experiencias producidas por los mortales efectos de los terremotos.

#### **FIRMITAS: beneficios con respecto a la estructura que se incrementa con el uso de ASB**

- Posibilita configuraciones complejas que responden a las necesidades de proyecto.
- Se reducen los esfuerzos y deformaciones en las estructuras con una óptima performance estructural frente a sismos severos.
- Se disminuyen drásticamente de daños de un edificio industrial en un sismo severo, tanto de los elementos estructurales y no estructurales mediante la interfaz de aislamiento.
- Se evita el daño de los contenidos en el edificio (equipamiento de alta tecnología, maquinarias, etc.)
- Se optimiza la Protección de la Vida y la Protección de la Arquitectura
- Se logra una mayor adaptación a la condicionante sísmica con probada eficacia.

#### **VENUSTAS: beneficios con respecto a la belleza que se incrementa con el uso de ASB**

- Permite libertades de configuraciones antes no recomendadas para el diseño tradicional sismorresistente.
- La potencialidad de libertad creativa en el diseño estético de las obras es cada vez mayor.
- Es posible mantener en el tiempo el patrimonio cultural, el significado y la identidad testigo de las épocas.

### 4. CONCLUSIONES FINALES

Los edificios industriales además de ser más eficientes, seguros, funcionales pueden alcanzar nuevas posibilidades de diseño en zonas sísmicas. El conocimiento teórico conceptual arquitectónico-estructural de las implicaciones arquitectónicas de la Arquitectura Sísmica es imprescindible para desarrollar modelos arquitectónicos eficientes y adecuados.

La Arquitectura Sísmica proporciona un medio de Protección Pasiva frente a un terremoto severo. Al incorporar la Aislación Sísmica de Base dentro de su cuerpo teórico conceptual y utilizándolas como herramientas de diseño en un sistema de protección integral vital, disminuye drásticamente la pérdida de vidas humanas y los daños materiales que provoca un terremoto.

Se protege el medio ambiente gracias a la preservación de la obra, mayor posibilidad de utilización de estrategias para el desarrollo de Arquitectura Sustentable y posibilita el uso de nuevos materiales no recomendados para zona sísmica.

El uso de esta tecnología desde la concepción del diseño arquitectónico permitirá mayores ahorros que los obtenidos hasta ahora, optimizando el resultado de la inversión pública y privada.

Resolver una obra de arquitectura que contribuye a disminuir la vulnerabilidad sísmica sin incrementar el problema del medio ambiente, sino que lo beneficia, expresa que es posible que convivamos con nuestro planeta, legando un futuro promisorio.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Tedeschi, E. [1978] "Teoría de la Arquitectura", Ediciones Nueva Visión, Argentina  
[2] Arnold, C. and Reitherman, R. [1987] "Configuración y Diseño Sísmico de Edificios", Editorial Limusa, México.  
[3] Charleson, A. [2008] "Seismic Design for Architects: outwitting the quake", Architectural Press, USA.



- [4] Lupoi G., Lupoi A., Di Pasquale G., De Sortis A., Sanò T. [2001] "The Seismic Design of a new Base Isolated Hospital in Frosinone", Proc. of the 7th International Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Vibration of Structures, Assisi, Italy.
- [5] Charleson, A., Guisasola, A. [2017] "Seismic Isolation for Architects", Routledge, United Kingdom
- [6] Naheim, F. and Kelly, J.M. [1999] "Design of Seismic Isolated Structures: from theory to practice", John Wiley & Sons, United States
- [7] Martelli, A., Clemente, P., A., Forni, M., Salvatori, A. [2015] "Worldwide state-of-the-art of development and application of anti-seismic systems based on the information provided at the ASSISI Sendai Conference in 2013 and later and conditions for their correct use", Proc. of the 14th World Conference of Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, San Diego, California, USA
- [8] Parducci, A. Editor (2007) "La Sfida dell'isolamento sismico", EdA Esempi di Architettura, Numero Speciale Giugno 2007, Il Prato, Lombardia, Italia
- [9] Vitruvio, M. [1997] "*De Architectura*", Editorial Alianza Forma S.A., España

# Gestión en origen de los residuos sólidos urbanos, una alternativa al modelo de incineración de la Ciudad de Buenos Aires.

Rissetto, Miguel Ángel; Sozzani, Leticia

*Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.*  
Avda. Mitre 750 (1870), Avellaneda, Buenos Aires, Argentina, [www.fra.utn.edu.ar](http://www.fra.utn.edu.ar)  
[mrissetto@fra.utn.edu.ar](mailto:mrissetto@fra.utn.edu.ar) - [miguelrissetto@gmail.com](mailto:miguelrissetto@gmail.com) - [letsoz@yahoo.com.ar](mailto:letsoz@yahoo.com.ar)

## RESUMEN.

El presente trabajo analiza las formas actuales de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), tanto en nuestro país como en el resto del mundo.

Asimismo, se estudian las nuevas propuestas de tratamiento con el sistema de incineración con recuperación de energía que se implementan en algunas ciudades de Europa y que el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, de la República Argentina, está dispuesto a implementar en 2018.

Esta investigación –con dos proyectos previos concluidos en la UTN- propone ahora demostrar la conveniencia de la separación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) en origen por sobre el sistema de incineración mencionado.

Así, se tomaron como modelo a tres Ciudades del país: Ciudad de Buenos Aires (CABA), Ciudad de Avellaneda (Provincia de Buenos Aires) y Reconquista (Provincia de Santa Fe).

Se proponen entonces sistemas alternativos conocidos -como la biodigestión- que: 1-son probadamente sustentables y ecológicos, 2-evitan la permanencia de los RSU en las calles y 3-pueden resultar más eficientes y económicos.

**Palabras Claves:** residuos sólidos urbanos, incineración, gestión en origen.

## ABSTRACT

This paper analyzes the current forms of urban solid waste management (RSU), both in our country and in the rest of the world.

Also, new treatment proposals are studied with the incineration system with energy recovery that are implemented in some cities in Europe and that the Government of the City of Buenos Aires, of the Argentine Republic, is willing to implement in 2018.

This investigation -with two previous projects concluded in the UTN- now proposes to demonstrate the convenience of the separation and treatment of solid urban waste (RSU) in origin over the aforementioned incineration system.

Thus, three cities of the country were taken as models: City of Buenos Aires (CABA), City of Avellaneda (Province of Buenos Aires) and Reconquista (Province of Santa Fe).

Alternative known systems are proposed -such as biodigestion- that: 1-are proven sustainable and ecological, 2-avoid the permanence of the RSU in the streets and 3-can be more efficient and economical.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires es consciente del fracaso de las políticas estatales que conducirán a que en cinco años ya no habrá más lugar para enterrar los RSU.

En tal sentido presentó y aprobó un proyecto en la Legislatura para permitir la incineración de la basura, antes prohibida por la ley de Basura Cero (que data del año 2005).

Así, el sistema **que se autoriza** para resolver esta problemática es el de **combustión con recuperación energética** o termovalorización. Las primeras instalaciones se realizarían en principio en el sur porteño y en dos puntos del conurbano bonaerense.

Esta iniciativa para volver -después de 40 años de prohibición y con técnicas menos contaminantes- a incinerar residuos en la Capital hace prever igualmente que los ecologistas harán presentaciones ante la Justicia.

El argumento del Gobierno es que hay más de 2000 plantas funcionando en todo el mundo y que "De ninguna manera contaminan. Los sistemas de filtrado son lo más caro de todas las plantas" (E. Machiavelli, Ministro de Ambiente GCABA).

"Venimos observando que los residuos están creciendo de manera desproporcionada. **En los últimos 40 años, la humanidad generó más basura que en todo el resto de su historia.** Por eso, hay que seguir insistiendo con la **prevención en la generación de desechos, con la separación en origen y con el tratamiento de los residuos.** Y todo ello tiene que apuntar a un solo objetivo: **minimizar lo que envías al relleno sanitario**". (Gustavo Coria, CEAMSE).



Figura 1. Residuos en un Centro de Disposición Final

Hoy en la Ciudad habitan 2.891.000 personas, que generan **6.760 toneladas por día y de las cuales el 73%** recibe algún tratamiento. En definitiva, se reutilizan aproximadamente 3700 toneladas y **se entierran las 3000 toneladas restantes.**

En el territorio conocido como Gran Buenos Aires hay 15.839.000 habitantes que desechan **18.500 toneladas de basura por día. Pero –a diferencia de CABA- aquí casi nada se recupera, enterrándose el 96% de los RSU.** Por esta razón **se estima que en cinco años se producirá un colapso y no habrá más lugar para tirar la basura.**

Así, podemos sintetizar que en CABA cada habitante desecha 2,3 kg/día (840 kg/año) mientras que en GBA 1,2 kg/día (440 kg/año). Esta diferencia está dada por dos razones:

- los residuos aumentan a medida que aumenta el nivel socio-económico
- la Ciudad de Buenos Aires recibe algo así como 3 millones de personas por día -repartidas en alrededor de 1,2 millones de automóviles y el resto en transporte público- que no se computan como habitantes porque no residen.

Para tener cabal idea del problema:

- en el Gran Buenos Aires se generan un **promedio diario de 18.500 toneladas de residuos, que representa unas 555.000 toneladas mensuales de RSU.**

- esta basura demanda **170.000 viajes mensuales de camiones** para recolección y traslado, con un gasto estimado para este movimiento es de **307.000 litros en combustible.**

- en la Ciudad de Buenos Aires diariamente se generan **6.760 toneladas de RSU, que representan 203.000 toneladas.**

- Para mover esta basura se necesitan **63.000 viajes de camión, con el consecuente gasto de 114.000 litros de combustible.**

- y para complicar aún más el panorama, la cantidad de basura generada y enterrada creció **0,5 % (por primera vez en cinco años).**

Con estos números –más un 3% que se agrega por crecimiento poblacional- es evidente que **se complica** conseguir espacio disponible para enterrar los RSU provenientes de la Ciudad y de los 42 municipios del Gran Buenos Aires. Por ejemplo, ya se está usando el último sector disponible que la CEAMSE tiene en José León Suárez para relleno sanitario.

"Hoy la Ciudad **ha bajado a más de la mitad la cantidad que se entierra en este relleno.** Tenemos cinco años para encontrar soluciones superadoras. Hay diferentes alternativas en el mundo que se aplican, estamos estudiando con Nación y con la provincia de Buenos Aires cuál es

la que nos permite estirar el horizonte más allá de estos cinco años". (Eduardo Macchiavelli, Ministerio de Ambiente y Espacio Público, CABA).

Sin dudas, el problema es serio y las estrategias utilizadas hasta ahora no han sido una solución sostenible a futuro, lo que **amerita un cambio de paradigma en la recolección, tratamiento y disposición de los RSU**.

**Lo que pretende este trabajo es demostrar que construir grandes plantas para la incineración de los RSU no es la única alternativa.**

## 2. CENTROS AMBIENTALES Y DE DISPOSICIÓN FINAL

"El área metropolitana de Buenos Aires cuenta con tres complejos ambientales: uno en González Catán, que recibe la basura de todo el distrito de La Matanza; el Norte III, en José León Suárez, a donde se destinan los residuos de 36 municipios y de la Ciudad; y un tercer predio en Ensenada al que van los desechos de ese partido junto con los de Berisso, Brandsen, La Plata y Magdalena.



Figura 2. Planta. En José León Suárez, que recibe residuos de Capital y 36 municipios./ Jorge Sánchez

Este tercer complejo, que recibe el 5% del tonelaje total del área metropolitana, tiene **un cierre estimado de operación para abril (2018)**. Luego, el 100% de los residuos que lleguen al lugar serán tratados en una planta de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB), en la que se podrá recuperar el 63% del material. Mientras, el 37% remanente se va a enfardar y será utilizado para rellenar canteras en la zona. En 2004 ya había cerrado el de Villa Domínico, que recibía la basura de los municipios de la zona sur.



Figura 3. Planta de La Plata (Foto Clarín)

Hace pocos días fue habilitado en J. L. Suárez el último sector disponible del relleno. Tiene **dos kilómetros de extensión y una cota de 60 metros**. "Esa nueva obra en cinco años se agota, y **no tenemos tierra en ningún otro lado, ni consenso ciudadano para abrir otros rellenos**". (Gustavo Coria, CEAMSE).

Los otros dos espacios seguirán abonando sus rellenos sanitarios, de máxima, por los próximos 60 meses. (**Diario Clarín, 2017/2018**),

"Durante muchos años los basurales a cielo abierto fueron una válvula de escape al sistema, que ahora es socialmente inaceptable. Esta es una problemática que hay que encarar y que en la Ciudad está resuelta desde hace unos años, pero que en algunos municipios todavía es un tema importante. Cuando se resuelva, va a blanquear un tonelaje que hoy no figura en la cuenta de ningún distrito, pero que existe" (Ministro de Ambiente y Espacio Público porteño, Eduardo Macchiavelli)

El sistema de relleno sanitario hoy tiene enterrados 140 millones de toneladas, de las cuales 90 están en el corredor norte. Pero en ese mismo espacio también funciona una planta de TMB, una de tratamiento de neumáticos, otra de compostaje, 12 estaciones de separación de residuos sociales y **una de generación de energía eléctrica a partir del biogás** de los residuos, que permite producir 15 MWH que abastecen a 100.000 personas.

Esta planta de biogás minimiza la emanación de olores por la correcta extracción de los gases. "También queremos hacerlo en los otros dos complejos ambientales, de modo que todos estén tomando el gas de los residuos y lo estén **reconvirtiendo en energía eléctrica**. Nos va a dar una generación de energía de 10 mega, que es el equivalente a lo que consumen 70.000 vecinos de la región metropolitana", explicaron en la CEAMSE." (Diario Clarín, 2017/18)

**Además, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, inauguró en Villa Soldati el Centro de Reciclaje de la Ciudad, que puede reciclar diez toneladas de residuos secos por hora.**



Figura 4. Centro de Reciclaje de la Ciudad (Foto Clarín)

Es la primera planta de **Tratamiento Mecánico Biológico** (MBT por sus siglas en inglés) dedicada en forma exclusiva a **residuos secos**. En una hora puede recuperar 10 toneladas de desechos.

La maquinaria -mediante una línea de **carga automática**- **separa los materiales** a través de sensores de peso, tamaño, densidad, por planos (2D y 3D) y lectores ópticos para distinguir plásticos PET. De este modo recicla **papel, cartón, vidrio, metal o plástico** con una mejor calidad, dado que el proceso de selección es superior.

En las restantes plantas de Buenos Aires -exentas de esta tecnología- se procesan alrededor de seis toneladas por jornada de trabajo.

### 3. EL CAMBIO DE LA NORMATIVA Y LA INCINERACIÓN

El proyecto presentado por el jefe de Gobierno para la **modificación de la ley Basura Cero (GCABA, año 2005)** reformula el artículo 7° que prohíbe "**la combustión, en cualquiera de sus formas, de residuos sólidos urbanos con o sin recuperación de energía**" y lo reformula, **quedando prohibida la combustión de basura "sin recuperación de energía"**, tanto en la Ciudad como en otras jurisdicciones. Además:

- entre los objetivos se "promueve el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, incluyendo la **combustión con recuperación energética**"

- se **extiende hasta el año 2028 el plazo límite para dejar de tirar artículos reciclables o aprovechables**, que hoy es hasta el año 2020.

- se incorpora como posibilidad para tratar los RSU su **transformación en otros aprovechables**, mediante "la conversión por métodos químicos" (como hidrogenación, oxidación húmeda o hidrólisis) o "térmicos o bioquímicos con recuperación energética (compostaje, digestión anaerobia y degradación biológica)".

- se cambian los plazos previstos** para reducir la cantidad de basura que se envía al relleno de la Ceamse, tomando como referencia el año 2012, cuando ya se enviaban 5.838 toneladas diarias. Así, para 2021, habría que disminuir un 50% la cantidad de desechos que van al relleno; para 2025 un 65%, y para 2030 un 80%.

Aquí hay que aclarar que para el año 2018 debía haberse reducido un 75% y para 2020, ya no debían enviarse materiales reaprovechables. También que el año de referencia anterior era 2004, cuando se enviaba un promedio de 4.000 toneladas de basura por día a enterrar (esta cantidad de basura era más baja que en 2012 porque seguían los efectos pos crisis de 2001). Todas estas metas se incumplieron, de ahí la reformulación de la norma de "basura cero".

También apareció otra polémica en torno de eventual exclusión de la participación de 6000 cartoneros que trabajan actualmente en el reciclado. Esto se resolvió así: "El fraccionamiento de residuos sólidos urbanos húmedos solo podrá ser pasible de valorización mediante técnicas de



combustión con recuperación energética previo tratamiento en planta de separación con el fin de seleccionar aquellos materiales factibles de ser reciclados, principalmente cartón, papel y polietileno teleftalato. Se prohíbe el tratamiento térmico de materiales reciclables o aprovechables provenientes de todo circuito de recolección diferenciada" (Modificación del artículo del proyecto de ley).

#### 4. LA PROPUESTA DE INCINERACIÓN DEL GOBIERNO DE CABA Y ALGUNOS EJEMPLOS EUROPEOS

Hoy la región metropolitana envía por día al relleno sanitario de José León Suárez 18.500 toneladas diarias, de ellas la ciudad aporta 3000 (produce 6700 toneladas diarias en total).

La primera etapa prevé la construcción de tres plantas de incineración: una en la Capital, la 2da en el sur del conurbano y la 3ra en el corredor norte de la provincia.

"Los predios tienen que contar con tres requisitos: vías de acceso rápido, conexiones aptas para tránsito pesado y cercanía con nodos de distribución de energía." "Uno de los sitios posibles en territorio porteño es un predio situado en avenida Roca y General Paz, en Villa Riachuelo, detrás del autódromo." (Ministro de Ambiente y Espacio Público, Eduardo Macchiavelli)

En el monitoreo del funcionamiento de estas plantas participarán: la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (Ceamse), la Agencia de Protección Ambiental (APRA) y el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). El financiamiento, construcción y manejo podría ser privado, con las licitaciones de cada uno de los módulos avaladas por la Legislatura.

La "incineración" en la Ciudad de Buenos Aires nos remite "a las **nubes de hollín**", a la "quema" de Parque Patricios y a los incineradores que había en cada edificio hasta 1976. (Ver trabajos de Risetto Miguel et al).

Pero esto fue hace más de 40 años y la tecnología ha evolucionado sensiblemente, como puede verse en los modelos de plantas europeas de hoy, donde "quemar basura" es una forma más de obtener energía.

Construir en Europa hoy una planta de "quema con recuperación energética" tiene un costo de 2.000 millones de Euros, y genera energía para un millón doscientos mil personas.

Para conocer estos sistemas **de incineración de residuos con valorización energética**, los funcionarios del Ceamse y del Gobierno porteño **visitaron plantas** en las ciudades europeas de París (planta de Isséane), Viena (planta de Pfaffenau) y Amsterdam (planta de Alkmaar).

Estas tres plantas cuentan con grandes hornos donde se queman los RSU aprovechando la **energía de la combustión** para calentar agua y obtener vapor. Así funcionan:

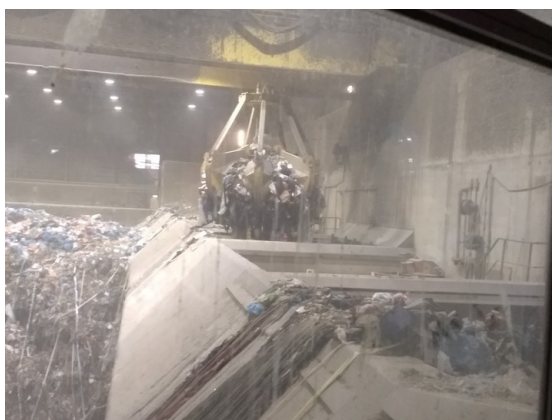


Figura 4. Desde una cabina vidriada, un operario maniobra una grúa para mezclar los residuos y arrojarlos en los hornos

##### 1-Residuos:

- se acumulan en un foso y se diferencian por tipo
- desde una cabina vidriada, un operario con una grúa levanta los desechos y los mezcla, para uniformar su poder calorífico.
- lo que toma lo arroja en uno de sus dos hornos, cada uno de los cuales quema **30 toneladas por hora** a 1.000 grados.

##### 2-Energía:

- primero, el vapor pasa por una turbina que asociada a un alternador genera energía eléctrica
- segundo, este vapor alimenta el sistema de calefacción urbana (luego vuelve a la planta para que se repita el ciclo)
- tercero, sólo se envían a los rellenos las cenizas y la escoria, disminuyendo considerablemente el volumen a enterrar.
- cuarto, las **emisiones** de estas plantas son **tratadas para que no contaminen. Esto lo controla el Estado.**

### 3-Tratamiento de las emisiones:

- el humo pasa por un filtro electrostático que le quita las cenizas
- los gases ácidos son tratados con bicarbonato de sodio
- las dioxinas, son tratadas con carbón activado
- otro filtro retiene las cenizas más finas.
- los óxidos de nitrógeno se reducen con la ayuda de un catalizador y una inyección de amoníaco, convirtiéndose en nitrógeno y vapor de agua.
- para terminar, las emisiones resultantes se dispersan a gran altura.

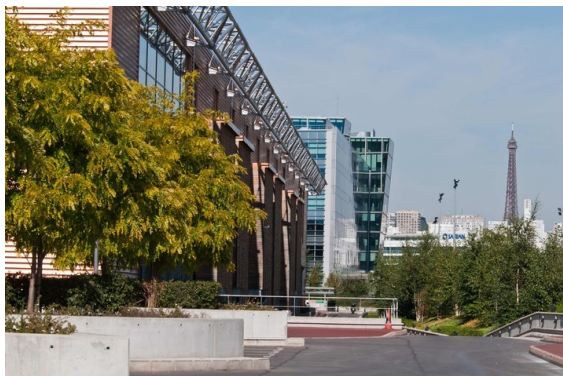


Figura 5. La planta parisina de Isséane está a apenas 40 cuerdas de la torre Eiffé

Si tomamos como ejemplo París y alrededores, sus habitantes generan al año unos 400kg per cápita. Su planta (Isséane), que abrió en 2007 y costó 600 millones de euros, quema **482 mil toneladas de residuos por año** y genera 60 mil megavatios por hora de electricidad y calefacción para 80 mil hogares.



Figura 6. La planta de Pfaffenau, en Viena, Austria

En cambio en Viena, los materiales reciclables **se recogen por separado** desde 1985 y luego, lo que no sirve es enviado a incinerar. Aquí cada habitante tira 600 kilos de basura por año y de un total de un millón de toneladas se recuperan 350 mil toneladas anuales.

La capital austríaca, que tiene 1.800.000 habitantes, tiene tres plantas (una de ellas para desechos cloacales) que producen energía y alimentan un sistema de calefacción para 370 mil hogares, algo clave en una ciudad con inviernos nevados. Según sus estudios, la calefacción mediante la quema de basura **“evita la emisión de un millón de toneladas de dióxido de carbono”**. "Después de la incineración queda **un tercio del material inicial**. Es ceniza y escoria, que tras recuperar los metales se envían al relleno (que se usan en la construcción de carreteras)." (Martina Ableidinger, Departamento Municipal 48, Viena)

Amsterdam, ícono en gestión de RSU, lleva un siglo quemando su basura y casi 50 años separando residuos. La ciudad y sus alrededores suman un total de 2 millones de habitantes, y cada uno de ellos desecha 370 kilos anuales de basura.

**Según sus estudios, el 30% de los RSU se recicla.** El objetivo para 2020 es llegar al 65% y que cada habitante no tire más de 100 kilos de basura por año. Así, estiman que deberán cerrar alguna de las dos plantas existentes. (Albert van Winden, director del Programa de Gestión de Residuos de Amsterdam).



Figura 7. Planta de incineración en Alkmaar, Holanda. El modelo que podría adoptar la Ciudad de Buenos Aires

"No es posible salir de un esquema de relleno sanitario al reciclaje sin pasar por una planta de incineración, mientras se avanza con políticas de reciclaje". **"Un relleno emite 1.036 kilotoneladas de dióxido de carbono por año, pero una planta incineradora con valorización energética, 80"**. "Hay que hablar y debatir para ganar consenso. El planteo es: si no querés que quememos los residuos, ¿los llevamos a tu casa?". (Evert Lichtenbelt, de AEB, Viena)

##### 5. REPERCUSIONES SOBRE LA INCINERACIÓN EN LOS RSU

El proyecto de incineración aprobado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires produjo reacciones encontradas.

Ya cuando los diputados aprobaron la modificación de la ley de basura cero, un grupo de activistas irrumpió en la Legislatura con banderas negras y la marcha fúnebre de fondo. Y se sabe que estas acciones de las ONG ambientalistas en contra de la incineración continuarán también en la Justicia.

De hecho, estas agrupaciones ambientalistas lograron -dos meses después de que la legislatura porteña apruebe el proyecto- mediante un amparo que la Justicia suspenda la aplicación de la norma. La medida judicial sostiene que el proyecto no se sometió al procedimiento legislativo de doble lectura, que le corresponde por tratarse de cuestiones ambientales, así como también recalca la ausencia de audiencia pública. El Gobierno Porteño presentó ya la apelación.

A modo de ejemplo, **fue muy mal recibido por las cooperativas de recicladores urbanos**, integradas por más de 5500 trabajadores que recolectan los residuos secos para su recuperación. Greenpeace y la Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores (FACCYR) se han manifestado en contra del nuevo proyecto del GCABA **"La incineración mata una industria clave, como la del reciclaje"**. (Leonel Mingo, coordinador de campañas de Greenpeace).



Figura 8. Los cartoneros reclamando frente a la Sede del Ministerio de Ambiente y Espacio Público

"Es preocupante si se quema el material reciclable, ya que muchos cartoneros lo necesitan para ganarse su medio de vida, su sustento". "Las iniciativas de organización comunitaria de cartoneros y otros rubros, por el compromiso que tienen, logran incluir a muchas personas y familias que una empresa privada no podría contener." (Presbítero Lorenzo de Vedia)

Las agrupaciones ambientalistas sostienen que el proceso de incineración de la basura implica un retroceso ambiental para la Ciudad, ya que no se reduce la basura en cantidad: "La incineración (...) no hará más que convertir en cenizas las toneladas de basura acumulada. (...) Hay que trabajar fuertemente en la separación en origen (...) y desarrollar la responsabilidad extendida del productor -de basura-" dice Andrés Nápoli, director ejecutivo de FARN (Fundación Ambiente y Recursos Naturales).

Pero sin dudas algo debe hacerse, ya que en el Gran Buenos Aires viven 15.839.000 personas, que tiran **18.500 toneladas de basura por día, de las cuales el 96% se entierran**.

"Para dimensionarlo bien, cada 11 días se llena un volumen equivalente a un estadio de fútbol repleto desde el campo de juego hasta la última grada. Y a este ritmo, para 2030 eso ocurrirá cada 8 días". (Ceamse / Diario Clarín).



"A diferencia de lo que vimos en las tres ciudades europeas que visitamos, que tuvieron un fuerte aumento del reciclado posterior a la implementación de los rellenos y de las plantas de termovalorización, en Buenos Aires estamos recorriendo el camino inverso y **apostamos al reciclaje**. Cada día, los 5.324 recuperadores urbanos rescatan 530 toneladas de materiales de la basura. Los cartoneros informales aportan 900 Tn, en la planta de áridos se recuperan 2.500 Tn y los 166 puntos verdes reciben otras 5,7 toneladas." (Renzo Morosi, Subsecretario de Higiene Urbana CABA)

"Estamos explorando todo tipo de opciones y no hay una decisión tomada. Queremos **abrir un debate** y que participen los intendentes de todos los municipios". "Hay que tomar conciencia de que tenemos un problema. **Si no se reacciona, en cinco años vamos a tener una nueva crisis ambiental** porque se agotó la capacidad receptiva de los rellenos". (Gustavo Coria, Ceamse)

Por ejemplo, tres de las ciudades europeas más avanzadas en la gestión de los RSU -**París, Viena y Amsterdam**- cuentan con plantas de incineración y con política de prevención de la generación de basura y reciclaje. Aquí, **el relleno es el último recurso**.

Por ejemplo, París cuenta con una planta "de valorización energética" (así las llaman en Europa porque con la combustión generan electricidad y calefacción) que está ubicada a 40 cuadras de la Torre Eiffel junto al río Sena, en la localidad Issy des Moulineaux. Esta planta es un edificio revestido en madera y rodeado de árboles, que se confunde con los demás edificios del lugar.

**Aquí no se percibe olor y nadie adivinaría que es una planta de incineración de basura.**

"**Viena** es la ciudad del mundo donde la gestión de residuos se resuelve con mayor eficiencia. Y en Viena, los incineran". (Marcelo Rosso, Gerente Nuevas Tecnologías y Control Ambiental, CEAMSE)



Figura 9. Los recuperadores ambientales trabajan en la planta de separación de José León Suárez. Foto: Lucía Merle.

Por último, de las 6750 toneladas de RSU diarias que se generan en el Área Metropolitana, 400 toneladas son recicladas gracias al trabajo de los recuperadores urbanos o "recolectores".

## **6. EL MODELO DE GESTIÓN EN ORIGEN DE LOS RSU Y EL CAMBIO DE PARADIGMA QUE PROPONE**

El presente trabajo está basado en un proyecto de investigación iniciado en el año 2013 en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional (FRA UTN) de la República Argentina, y sus objetivos son:

### **6.1. Objetivos principales**

Disminuir y hasta evitar la salida diaria a la vía pública y el traslado de los residuos sólidos urbanos (RSU), tanto orgánicos como inorgánicos, que se generan en las viviendas de CABA.

A su vez también se propone el aprovechamiento energético de los RSU orgánicos mediante un biodigestor ubicado en la propia vivienda o en sus inmediaciones.

De este modo lo recolectado ya no serán residuos sino "productos" como el compost generado **por la biodigestión de los RSU orgánicos y los materiales reciclables o reutilizables, resultantes** de la separación de los RSU inorgánicos.

Se evitarían además los contenedores en las calles, con todos los problemas que estos representan al tránsito, seguridad, costos de limpieza y mantenimiento, impacto visual y otros.



Figura 10. Un contenedor de RSU en la vía pública (CABA)

#### **6.1.1. Aprovechamiento de los RSU orgánicos: producción de energía y compost**

Se utilizarán biodigestores anaeróbicos donde se introducirán todos los RSU orgánicos. En estos equipos se produce la biodigestión generando biogás (gas metano) y compost (abono). Se propone así aprovechar el biogás para generar electricidad y aprovecharla para consumo de las viviendas o para introducirlo a la red.

El proceso de biodigestión demora entre 23 días y 80 días dependiendo de las condiciones (temperatura, etc.), lo que permite evitar la recolección diaria (al no existir peligro de putrefacción de los RSU orgánicos).

De este modo, la recogida mediante camiones se realizará semanalmente, o en períodos mayores, según la capacidad del biodigestor. Los camiones serán del tipo “atmosférico” para extraer el residuo orgánico ya descompuesto -compost y lixiviado- de modo usarlo o comercializarlo como abono o para producir combustible.

#### **6.1.2. Reciclado o reutilización de los RSU inorgánicos**

*Una vez separado adecuadamente, el residuo inorgánico –papeles y cartones, plásticos, vidrios, metales, etc.- se colocaran en un depósito de dimensiones adecuadas para ser recogidos una vez cada 10 días aproximadamente, según la capacidad de guarda diseñada. Esta recolección la realizarán camiones o recolectores urbanos –cartoneros- según las cantidades, y se llevarán a los Centros de Reciclaje para su clasificación, reciclado o reutilización. Los descartes serán incinerados y enterrados en los Centros de Disposición final.*

#### **6.1.3. La separación**

Este es un punto crucial, dado que la experiencia de separación de RSU en origen –en Buenos Aires y en toda la Argentina- es negativa.

Pero en casi todos los países del mundo con conciencia ecológica esto fue resuelto con acciones de Gobierno, ya sea educativas, de premios y castigos (mediante incentivos impositivos, multas, etc.) o hasta con separadores automáticos de RSU. (ver REDERSU, Rissetto Miguel et al).

Como este modelo de Gestión Barrial propone centros de recepción de RSU en las viviendas o próximos a ellas, será más fácil saber de dónde proviene la basura –bolsas identificadas o con sistemas RFID- y así aplicar adecuadamente los premios o multas mencionados.

Además, como se propone que cada equipo genere energía eléctrica o que se vendan los residuos reciclables, el vecino estará muy interesado en que el sistema funcione bien y sea redituable.

#### **6.1.4. Disminución de la circulación de camiones recolectores**

Como se vio en el punto 1, la recolección y traslado diarios de la basura demanda:

-Para el Gran Buenos Aires: 170.000 viajes mensuales de camiones con un consumo estimado para este movimiento de 307.000 litros en combustible.

**-Para la Ciudad de Buenos Aires: 63.000 viajes de camión, con un consumo de 114.000 litros de combustible.**

**Así, el total de camiones que se movilizan actualmente por mes en el Área Metropolitana - para la recogida diaria de RSU- representan**

**-233.000 viajes**

**-421.000 litros de combustible**

**Si lo comparamos con nuestro modelo de Gestión en Origen, tendríamos en el mes, con una recogida cada 10 días:**

**-23.000 viajes**

**-41.500 litros de combustible**

**Esto representaría al mes -solo en combustible- un ahorro de 380.000 litros o \$ 10.000.000 (diez millones de pesos).**

Esto es solo ahorro en combustible y no considera:

- contaminación ambiental,
- accidentes de tránsito (vehicular , del personal y de peatones),

## 6.2. Objetivos secundarios

- trastornos del tránsito vehicular,
- impacto auditivo
- gastos de mantenimiento de camiones,
- otros.

a- Disminuir accidentes de tránsito vehicular y del personal y peatones, contaminación ambiental, consumo de combustible).

-Disminuir los inconvenientes que generan:

b- la cantidad de bolsas de residuos depositadas y acumulados en la vía pública (inundaciones provocadas por la obstrucción los desagües pluviales en días de lluvia, contaminación ambiental y visual).

c- los sitios destinados a disposición final de los residuos sólidos (grandes focos de contaminación ambiental, falta de los espacios destinados a tales fines, problemas vecinales).

-Reducir la producción de residuos en todos sus aspectos.

-Producir materiales provenientes del reciclado de los residuos sólidos urbanos, tendiendo a disminuir el consumo y deterioro de los recursos naturales.

-Mejorar las condiciones de trabajo y calidad de vida del recolector de residuos sólidos urbanos:

a- evitando el contacto directo del operario con los residuos.

b- ocupando y generando mano de obra mas calificada para la construcción de los componentes del nuevo sistema GERSU.

-Diseñar y producir en nuestro país un sistema de gestión integral de RSU adaptado a nuestra tecnología y recursos económicos para implementar en diferentes tipologías urbanas y edificaciones.

-Optimizar el enorme costo ambiental, económico y social que tienen el transporte y la disposición final de los RSU, mediante la implementación de un sistema más eficaz y eficiente.

En tal sentido se propone como prueba piloto implementar nuestro Sistema de Gestión de los RSU –GERSU- en una tipología de construcción urbana consistente en un conjunto habitacional de 96 viviendas, considerando que cada unidad está habitada por una familia tipo de 4/5 personas.

Este edificio denominado Llaneza- Villa Azul, fue proporcionado por la Ciudad de Avellaneda con la finalidad de poder realizar una prueba piloto del sistema GERSU.

## 7. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS DOS SISTEMAS

Es necesario comprobar la factibilidad del nuevo sistema GERSU de gestión de los RSU y para esto debemos efectuar las correspondientes evaluaciones económicas.

En tal sentido se compararon los costos de los sistemas vigentes, obtenidos en las investigaciones previas, con los valores estimados para la puesta en marcha del sistema en un edificio de viviendas ubicado en el partido de Avellaneda.

### 7.1. Costos actuales de Gestión de RSU en la Ciudad de Avellaneda (datos año 2012)

a- Costos cuantificables totales estimados: \$32.532.605 / Año

Estos costos incluyen: Gastos diarios en recolección, traslado y disposición final actual. Costos por agotamiento de recursos naturales y degradación ambiental. Costos por degradación de suelos. Costos por contaminación de aguas. Costos por el indebido manejo de los residuos sólidos urbanos. Costos por reparación de daños a la salud humana.

b- Costos insalvables totales estimados: \$11.952.603 / Año

Estos costos incluyen: Gastos en recolección, traslado y disposición final de rechazos, Costos por agotamiento de recursos naturales y degradación ambiental de residuos de rechazo.

c- Costos Totales Gestión RSU Avellaneda: **\$44.485.208 / Año (a+b)**

-Total de habitantes 340.985 Habitantes

-Costo por habitante **130 \$/Año por habitante** (tenemos que estimar un 160% de inflación para llevar este monto al año 2017 en **208 \$/año por habitante**)

### 7.2. Sistema GERSU

a- Gasto de la recolección de residuos por año (estimados al año 2017 según índice de inflación)

El sistema GERSU considera una recolección del compost cada 20 o 30 días, que se extraerá del biodigestor mediante camiones tipo atmosféricos. También cada 20 días o 30 días –en función de la capacidad del depósito- se producirá el retiro de los inorgánicos. Pero a su vez consideramos que será necesario un mantenimiento del sistema, para arreglos o ajustes y revisiones.

En tal sentido estimamos que se requerirá una circulación semanal de los camiones para los fines descriptos. Así tenemos: \$/hab 208 al año con recolección diaria, tendremos que por día el costo de recolección será de \$/hab 29 al año (\$208/7días). Si consideramos que Avellaneda tiene

aproximadamente 341.000 habitantes, el costo total para gestionar el sistema GERSU será **\$9.889.000 al año**.

b- Beneficios por aprovechamiento de RSU por año

Ingresos totales por venta de compost y ahorro de energía **10.942.535 \$/Año**. Beneficios por habitante 32 \$/Año

Nota: Toda esta información puede encontrarse desarrollada en el trabajo "Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de residuos sólidos urbanos". (Miguel Risetto et al).

### 7.3. Factibilidad en el municipio de Reconquista

Los municipios destinan para la gestión de RSU entre un 15% y un 30% del total del presupuesto que disponen (Manual para el cálculo del costo de la gestión integral de residuos sólidos urbanos y para el uso de la matriz de costo GRSU), por esto podemos estimar que del presupuesto municipal asignado para el año 2015 -\$247.266.900, según el informe de ejecución de presupuesto de la Secretaría de hacienda y finanzas de la municipalidad- corresponden a gastos de gestión de RSU como mínimo **\$37.000.000**. La población estimada de la ciudad es de 76.000 habitantes, por lo que podemos estimar en gasto de gestión de RSU **de \$488 / habitante / año**.

Para Reconquista podemos realizar la misma verificación que hicimos en trabajos anteriores para el municipio de Avellaneda, y estimar el costo de circulación diaria de camiones de recolección en **\$70** (\$488/7 días). Así, llegamos a un valor estimado de gestión con el sistema GERSU de **\$5.320.000 al año** para el municipio de Reconquista (un 14% del presupuesto destinado en la actualidad).

### 7.4. Comparación con gastos de planta incineradora

Los sistemas de incineración que se implementaron en las ciudades europeas nos permiten realizar una estimación:

-El costo de implementar una planta es aproximadamente de \$1244 euros / tn de basura / año (la planta de París procesa 482.000 tn de basura / año y tuvo una inversión de 600.000.000 euros en el año 2007).

Estimamos así que cada habitante genera 365 kg de basura / año, por lo que la ciudad de Reconquista genera un total de 27.740.000 kg/año (lo que equivale a 27.740 tn al año).

Según los gastos de inversión de París, podemos estimar que una planta de incineración para la ciudad de Reconquista tendría un costo de euros 34.508.560 (**\$1.552.885.200**).

### 7.5. Estimación de inversión en una planta incineradora para la Ciudad de Reconquista

Con el mismo cálculo de estimación que hicimos en el punto 7.3 para la Ciudad de Avellaneda, podemos estimar el costo de una planta de incineración para la ciudad de Reconquista. Así: 365 kg de basura / año \* 76.000 habitantes = 27.740.000 kg/año (lo que equivale a 27.740 tn al año). 27.740 tn. \* 1244 euros = euros 34.508.560 (**\$362.339.880 al valor del euro en 2015**).

### 7.6. Cuadro comparativo de costos (expresados en \$/año)

Tabla 1 Cuadro comparativo.

	AVELLANEDA (valores año 2012)	RECONQUISTA (valores año 2015)	CABA (valores año 2018)
SISTEMA ACTUAL	\$ 44.485.208	\$ 37.000.000	\$ 16.428.000.000
PLANTA DE INCINERACIÓN	\$ 929.006.760	\$ 362.339.880	\$ 59.053.588.337
GERSU	\$ 6.480.000	\$ 5.320.000	\$ 2.346.857.142

Para tener una referencia concreta, podemos tomar como ejemplo la cantidad de viviendas –un déficit y demanda constante de nuestro país- que podríamos construir con los dineros que se ahorrarían con nuestro sistema GERSU –comparando los costos con los sistemas actuales de recolección- en las tres Ciudades analizadas. Así tenemos:

1-Ciudad de Buenos Aires:

Con el sistema GERSU completamente implementado para toda la ciudad (lo que sin dudas demandaría varios años), estaríamos en condiciones de construir 300.000 m2 por año.

Esto equivaldría a 6.000 viviendas de 50m2 cada una, lo que implicaría la solución habitacional para aproximadamente 30.000 personas anualmente.

2-Ciudad de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires

En el mismo sentido, podríamos decir que el ahorro anual con el GERSU nos permitiría construir alrededor de 9500 m2, o sea unas 180 viviendas de 50m2 por año, por lo que se solucionaría el problema habitacional de casi 1000 habitantes. (en Ptos 1 y 2 ver "Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de los residuos sólidos urbanos" y "Diseño e implementación de un sistema de gestión y recupero de RSU en un conjunto de 96

*viviendas en la Ciudad de Avellaneda, Buenos Aires - Argentina. Miguel Risetto et al 2013 y 2014)*

3-Ciudad de Reconquista, Provincia de Santa Fe

Tomando el costo promedio histórico de la construcción en la Argentina de u\$s 700, con un ahorro proyectado anual de casi \$32.000.000, se podrían construir anualmente unas 30 viviendas de 50m<sup>2</sup>, con lo que se daría respuesta habitacional a 120 personas por año.

Estos cálculos consideran solo cuestiones económicas directas, pero no hay que olvidar las mejoras ambientales -que se comenzarían a percibir desde un inicio- como por ejemplo el que casi todos los desechos orgánicos dejarían de tener que depositarse en centros de disposición final, pasando ahora a ser abono de campos y terrenos que lo necesiten.

## **8. CONCLUSIONES**

Como pudo demostrarse, el sistema GERSU –de recuperación, separación y disposición en origen de los RSU desarrollado en nuestras investigaciones- es más eficiente que los sistemas actuales de Gestión de RSU y también que el de incineración que la Ciudad de Buenos Aires tiene pensado implementar en 2018.

Pudo verse que los costos de los sistemas de incineración –de tecnologías muy avanzadas- superan en gran medida las capacidades de inversión de los municipios urbanos de nuestro país, además de generar una enorme resistencia en la población por el sospechado riesgo de contaminación. Aquí también el sistema GERSU responde favorablemente dado que además de ser ecológico podría adaptarse a diferentes escalas urbanas como la de la Ciudad de Buenos Aires, Avellaneda o Reconquista (tanto por simplicidad como por disponibilidad económica).

También es necesario destacar que la implementación de una planta incineradora resuelve en cierta medida el problema de la disposición final de la basura, pero no implica ninguna reducción de los gastos de recolección (estimados entre un 15/30 % del presupuesto municipal) o la polución ambiental y el riesgo de los trabajadores sobre los camiones (entre otros mencionados). Aquí también el sistema GERSU responde positivamente.

Por otro lado, si bien las plantas incineradoras producen energía, nuestro sistema de gestión GERSU también propone una solución en ese sentido, con el aprovechamiento del biogás – transformado a electricidad- de los residuos orgánicos.

Por último, la tecnología simple que utiliza GERSU permitiría reconvertir la mano de obra excedente de los sistemas de recolección mediante camiones para construir los biodigestores y efectuar el mantenimiento de todo el sistema.

Con todos estos elementos consideramos que sería muy interesante que algún municipio tome esta propuesta GERSU y la ponga a funcionar realizando una prueba piloto en algún sector o barrio de su comunidad a modo de verificar los valores de esta propuesta y considerar la conveniencia de su implementación gradual en toda la ciudad.

Así, con nuestro sistema GERSU tendríamos menos basura en las calles, no existirían los contenedores urbanos, evitaríamos los viajes diarios de camiones recolectores disminuyendo la contaminación ambiental, mejoraríamos la calidad del trabajo de los recolectores urbanos y podríamos dar además solución habitacional a decenas de familias con el ahorro que implica el sistema GERSU contra los actuales sistemas de recolección de RSU de nuestras ciudades.

## **9. REFERENCIAS**

1-Ana Sánchez y Diario Clarín

2-Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de los residuos sólidos urbanos. Miguel Risetto et al

3-Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos Dentro de un Complejo de Viviendas Urbano Miguel Risetto et al (2013)

4-Diseño e implementación de un sistema de gestión y recupero de RSU en un conjunto de 96 viviendas en la Ciudad de Avellaneda, Buenos Aires - Argentina. Miguel Risetto et al (2014)

5- Diario Clarín: “El Gobierno porteño presentó un proyecto para permitir la incineración de la basura” (27/3/18). “Alarma por la basura: rellenan el último lote de la Ceamse y en 5 años no habrá más lugar” (27/1/18). “Empiezan a debatir el proyecto para volver a quemar basura en la Ciudad” (24/4/18). “La planta de tratamiento de Punta Lara ya recibe a los primeros camiones de basura” (8/12/17). “El relleno del Ceamse está por colapsar y la Ciudad apuesta al reciclaje.” “Incineración de basura: el modelo europeo que podría adoptar Buenos Aires.” “Hay 15 mil contenedores en las calles, pero pocos vecinos separan la basura.” “Los cartoneros marchan contra el proyecto para incinerar basura.” “La planta de tratamiento de Punta Lara ya recibe a los primeros camiones de basura” (8/12/17). “Una nueva planta puede reciclar diez toneladas de residuos secos por hora”

6- Diario La Nación: “Dura carta de los curas villeros contra el proyecto de incineración de basura” (27/4). “Habilitada por ley, la Ciudad define dónde habrá plantas para incinerar residuos” (4/5/18)

7- Manual para el cálculo del costo de la gestión integral de residuos sólidos urbanos y para el uso de la matriz de costo GRSU, octubre de 2010. Santiago Solda.

## **REPI: la descentralización del conocimiento académico.**

Favier, Jorge\*; Favier, Victoria\*\*\*; Greco, Israel\*\*; Gianello, Marcos\*\*; Villoria, Julián\*\* y Paredes, Raúl\*\*

### **RESUMEN**

La REPI se plantea como un espacio de producción, construcción y aprendizaje de conocimientos desde una instancia pragmática y cercana al estudiante. Un espacio donde el alumno es protagonista de sus propios conocimientos, porque puede incorporarlos a partir de la experiencia vivida.

En este trabajo se pone de manifiesto la experiencia real y concreta de que es posible construir un Medio Masivo de Comunicación Universitario novedoso. Un medio hecho por y para los miembros de la unidad académica. Donde predomina la descentralización del poder académico y se busca la democratización de la palabra. La Radio Escuela ofrece múltiples posibilidades para realizar experiencias ligadas a los contenidos curriculares que se abordan en las distintas áreas del aprendizaje.

**Palabras Clave:** REPI, GOPC, radio, escuela, estudiante.

### **ABSTRACT**

The SRBI is posed as and space of production, construction and learning of knowledge from the pragmatic and closer instance to the student. An space wich the student is protagonist of his own wisdom, because he can incorporate them starting from the lived experience.

This work highlights the real and concrete experience that it is possible to build a Massive Media University Communication novel. A medium made by and for the members of the academic unit. Where the decentralization of academic power predominates and the democratization of the word is sought. The School Radio offers multiplies possibilities to create experiences linked to contents curricular that are addressed in the different areas of learning.

## 1. INTRODUCCIÓN

La sociedad de hoy en día refleja un ritmo de vida que está directamente vinculado con los nuevos avances de la tecnología. Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) se convierten en una herramienta fundamental para la construcción de discursos.

La radio se presenta como un medio "tradicional", un espacio legitimado para la construcción y circulación de discursos. Está presente a diario en la vida de una persona. Generalmente acompaña las distintas actividades laborales, el estudio, tareas domésticas, entre otras. Se convierte así en compañía diaria de las vidas de los oyentes, ya que permite escucharla y a la vez realizar otras tareas. "La radio es un medio masivo de comunicación que promueve los valores de la creación colectiva y el trabajo en equipo, permitiendo así aprender una serie de valores necesarios en la instancia de aprendizaje por parte de los estudiantes. En la actualidad, las nuevas tecnologías logran indagar en otras formas de hacer radio, la radio digital, es un ejemplo de ello"[1].

La Radio Escuela Por Internet (REPI) innova, a partir de la creación de los Grupos Operativos de Producción de Contenidos (GOPC). Son grupos productores de información constante, donde las temáticas se adecuan a los gustos de los participantes. Dentro de los GOPC, sus miembros, ejercitan las tareas en los diversos roles a ocupar para el trabajo dentro de la radio.

El propósito de los GOPC radica en conocer personas nuevas, vincularse, aprender, divertirse e informar, fomentando en sus participantes el sentido de pertenencia a la comunidad de la Universidad de Mendoza (UM). Se trabaja de una forma horizontal y se descentraliza el conocimiento, permitiéndoles a los miembros de REPI capacitar a nuevos miembros y generar así una comunidad global.

La Radio Escuela Por Internet es un medio masivo de comunicación que persigue dos fines: uno institucional y otro, pedagógico. En cuanto a lo institucional, se presenta como herramienta de comunicación y difusión de las actividades y contenidos de la Universidad de Mendoza. En este sentido trabaja conjunto a los diferentes departamentos de la Universidad. En cuanto a lo pedagógico, se busca generar contenidos de calidad que le permitan a la Universidad de Mendoza dar a conocer su capital de conocimiento, en términos globales, a toda la comunidad a través de Internet.

En este trabajo, materializamos la experiencia que ha significado dar origen desde el comienzo a un medio masivo de comunicación que sin duda generará una nueva forma de comunicarnos y vincularnos dentro de la comunidad académica de la Universidad de Mendoza. Además, este medio es el primer medio institucional de la Universidad de Mendoza. El proyecto REPI recién comienza, tiene una gran visión a largo plazo y una búsqueda estratégica ligada a la educación y la comunicación.

## 2. RECURSOS MATERIALES

Los recursos materiales son una pieza fundamental a la hora de poner en funcionamiento un proyecto tan complejo como lo es la Radio Escuela Por Internet. Principalmente, nuestro estudio tiene en cuenta todos los puntos que se explican a continuación. El proyecto se vincula con:

### 2.1. Recursos técnicos

Es todo el equipamiento de una radio convencional. Desde el hardware y software, hasta el servidor de streaming para poder difundir la radio por Internet. Se han segmentado las necesidades técnicas según dos grupos:

#### 2.1.1. *Requerimientos técnicos de la cabina de locución*

La sala de "aire" está constituida por, micrófonos, computadoras, auriculares, equipo de monitoreo, altavoces, cartel de aire, entre otros. En este apartado, a la hora de construir un estudio, hay que tener muy presente el acondicionamiento del estudio para que la acústica del mismo sea de excelente calidad y no se filtren los sonidos.

#### Insonorización

El objetivo es lograr que los ruidos exteriores no entren en el locutorio o en la cabina de grabación. Para eso es conveniente que no exista ninguna ventana que dé a la calle. En caso contrario, se debe aislar con doble vidrio y silicona en las uniones o juntas. Las paredes o techos que dan a otras salas donde generalmente hay ruidos deben ser aisladas. Se puede crear una doble pared

(su interior este relleno con lana de vidrio) o usar un tabique falso con madera o yeso. Las puertas comunes suelen ser un problema en la aislación acústica, para las cabinas, esto se resuelve colocando una puerta con material aislante en el medio.

#### Acústica

El sonido produce una serie de ondas que rebotan de un lado a otro, de modo que se debe tratar de evitarlas. Un método para atenuarlas es optar por espumas que sean un poco tupidas para que tengan una buena absorción del sonido. Por otro lado, el suelo es conveniente alfombrarlo.

#### **2.1.2. Requerimientos técnicos de la sala de operaciones**

Consola para la puesta al aire, computadoras, equipo de monitoreo, auriculares, entre otros.

#### Servidor de Internet

Es lo que permite la salida al aire. Al tratarse de una Radio Escuela esta herramienta es condición indispensable para su existencia. "A través del sitio, la radio se puede conectar y recibir información, horarios de programas, descargar archivos de programas ya emitidos, publicidad institucional, entre otras posibilidades" [2].

#### Recursos humanos

A diferencia de las radios convencionales, la REPI tiene equipos de trabajo (GOPC) que pertenecen a la comunidad académica. Al no ser profesionales de la comunicación, se les pide que cursen una serie de talleres que la Radio Escuela dicta para que adquieran las herramientas para generar contenidos de calidad.

### **3. OBJETIVOS**

El concepto del proyecto de la Radio Escuela consiste en lograr una vinculación horizontal entre estudiantes y profesores de las distintas unidades académicas. Entre ellas podemos mencionar: las distintas Facultades de la Universidad de Mendoza (sede San Rafael, Sede Rio Cuarto, Extensión Álica Cipolletti) y la Escuela Técnica de la Universidad de Mendoza.

La vinculación horizontal se logra mediante el encuentro de estudiantes de distintos años de las diferentes Sedes y Facultades de la Universidad de Mendoza, de los docentes, el personal académico y todo miembro de la comunidad de la Universidad de Mendoza.

Los objetivos generales del proyecto son:

Fomentar vínculos entre las 2 entidades que forman este proyecto (Universidad de Mendoza y Escuela Técnica de la Universidad de Mendoza). De esta manera, se busca alimentar en el estudiante que transita su formación dentro de la escuela técnica, un interés por acercarse en un futuro a una formación académica universitaria.

Construir un medio masivo de comunicación que sea propio de la Universidad de Mendoza, por lo tanto, que alimente a la política de comunicación de esta institución y que además sea un espacio para la puesta en práctica de conocimientos por parte de estudiantes y docentes, tanto de la Escuela Técnica como de la Universidad (incluida todas sus sedes).

Permitir a los estudiantes ser los protagonistas de sus propios discursos. Deconstruir para construir el esquema jerárquico de "profesor-estudiante" y generar un proceso de aprendizaje más horizontal y democrático, donde los alumnos también se convierten en voces "legítimas" a partir del acompañamiento pedagógico de sus docentes.

Generar un espacio de comunicación donde el estudiante manifieste sus deseos e inquietudes desde su propia realidad y a partir de allí, construya contenidos radiales.

Vincular las distintas áreas del conocimiento a partir de procesos creativos que requieren del uso de distintas competencias lingüísticas y tienen como eje la comunicación y el intercambio. Estimular los procesos creativos como forma alternativa de investigación, desarrollo y apropiación de los contenidos curriculares.

Generar un sentido de pertenencia (ligado a la institución) para todos los estudiantes que la transiten. Que sea un espacio donde el alumno se siente parte, ya no como observador, sino como protagonista.

En definitiva, la radio permite el acceso a un proceso en el que todos tienen algo que sumar desde la creación, los aprendizajes adquiridos o la experiencia personal. Se propone una radio que se



convierte en una herramienta pedagógica y didáctica al servicio de un proceso de aprendizaje integral, que es aula y taller, que produce contenidos relacionados con otros abordados desde las diferentes asignaturas y los socializa con la comunidad, que se convierte en su audiencia. “La Radio Escuela se define como un proyecto alternativo de comunicación, aprendizaje y que puede animarse a definir su propia estructura de organización y concepción.” [3]

#### **4. MÉTODOS**

Dentro de los métodos que se ahondarán en esta sección, como la formación, la evaluación y la coordinación, la primera respectivamente es fundamental en el proyecto REPI. La Radio Escuela sostiene y fomenta la generación de ideas a partir de un conocimiento libre y autónomo. Esto quiere decir que los saberes no se concentran en una sola persona, sino que trascienden en los otros. El docente aparece como un facilitador de conocimientos y experiencias, brindándoles aquellos a los que acompaña en la formación, las herramientas necesarias para apropiarse del conocimiento y transmitirlo también a otros.

Dentro de la REPI quién se encargará de las tareas de formación es la/el Director/a de producción. Este rol será un nexo entre las dos funciones de la radio: ser un medio institucional y ser un medio de formación (radio-escuela). Por lo tanto, este rol se divide en tres áreas de trabajo: Formación, Evaluación y Coordinación. La formación y evaluación responderían al criterio pedagógico y formador de la REPI, mientras que la coordinación hace referencia al seguimiento y control de los diferentes contenidos que se transmitirán por la radio. En este último caso el control y coordinación de contenidos persigue un fin específico: que los mensajes y contenidos estén dentro del marco institucional y de su planteo comunicacional.

##### **4.1 Formación**

Se dictarán talleres de formación a los alumnos que deseen participar de los GOPC. Los mismos deberán tener aprobado el nivel básico de formación para poder comenzar a trabajar en la puesta al aire de su programa.

La primera instancia será la presentación del tema a partir de una ficha estandarizada que se le entregará al grupo para colocar distintos datos. El GOPC debe estar conformado por cinco o más alumnos. La dirección de la radio será la encargada de aprobar o no el tema elegido. En esta instancia se analiza si el tema elegido por el GOPC está en sintonía con los lineamientos generales de la Universidad.

Una vez que los grupos han sido aprobados con los temas e ideas para su programa empieza el proceso de formación. Además para aquellos estudiantes que se les dificulte el cursado de los talleres existe la formación a distancia, que luego será explicada. La formación se dividirá en tres niveles:

###### **4.1.1 Nivel básico**

Será requerida su aprobación para la puesta al aire del programa, Al finalizar, el GOPC habrá adquirido los conocimientos mínimos necesarios para poder realizar la puesta al aire del programa presentado. Durante el cursado de este primer nivel, los alumnos empiezan a trabajar en el proceso de pre-producción de sus programas. De esta manera cuando el estudiante se encuentra con la instancia de grabación y puesta al aire, tiene todos los conocimientos que le sirven de herramienta para desempeñar esta tarea de manera óptima.

Dentro del cursado, los estudiantes, realizarán pruebas pilotos y se trabajará profundamente sobre los contenidos y roles. La calidad de los contenidos es fundamental. Recordemos que luego nuestros programas quedarán en la plataforma “on demand” y que ese material se replicará infinitas veces para todos aquellos que lo necesiten. Por lo tanto, es de suma importancia que los mensajes que se generen desde la REPI sean de excelente calidad. Allí es dónde los talleres aparecen con fuerza para brindar herramientas a todos aquellos que quieran adquirirlas y sumar nuevos conocimientos que nos potencien como profesionales o futuros profesionales.

###### **4.1.2 Nivel intermedio**

Este nivel profundiza algunos conceptos aprendidos en el nivel básico, pero centrándose principalmente en las tareas de producción y locución.

###### **4.1.3 Nivel avanzado**

En este nivel se desea profundizar en el periodismo de investigación y en la posibilidad de que los estudiantes también aprendan a liderar y capacitar a sus equipos de trabajo. De esta manera el

conocimiento pasa a ser algo que circula continuamente entre los alumnos que logran vivenciar los dos roles a ocupar en un ambiente de trabajo: facilitador y aprendiz. El conocimiento adquiere de esta forma libertad y autonomía.

#### **4.1.4 Formación a distancia**

Siguiendo la idea de autonomía del conocimiento, los talleres que se brindarán en forma presencial también se desarrollarán en la plataforma virtual de la Universidad de Mendoza. De esta manera todo aquel que desee acceder fácilmente al material de trabajo, puede hacerlo. Además, esta metodología de formación y enseñanza, permite que el proyecto se extienda a las otras sedes de la Universidad. De esta forma, alumnos que cursen en la unidad de Río Cuarto, por ejemplo, podrán también poder formarse en la temática radial y comenzar con el trabajo de pre-producción de sus programas.

#### **4.2. Evaluación**

La evaluación será continua. Serán talleres teórico-prácticos donde se evaluará el aprendizaje teórico a partir de la exposición de alguno de los temas dados en los talleres a nivel teórico. Cada estudiante deberá exponer alguno de los temas tratados en los talleres para evaluar principalmente la capacidad oratoria del alumno y la comprensión teórica.

En lo que respecta a la parte de evaluación práctica, los resultados del aprendizaje se irán percibiendo en la instancia de puesta al aire de los programas. Como se sabe, la instancia de aprendizaje práctico lleva tiempos diferentes a los teóricos.

También se evaluará durante el proceso de dictado de las clases ciertas tareas prácticas que tienen que ver con el trabajo de pre-producción de un programa. Pero la evaluación se hará de forma continua durante el año mientras los diferentes grupos hagan transmisiones de sus respectivos programas. Esto se debe a que no se llegará a un momento final del aprendizaje, sino que durante la puesta al aire de los programas, a partir de la coordinación del director/a de producción, el estudiante irá corrigiendo ciertas cuestiones y aprendiendo también desde la vivencia de las experiencias concretas.

Una forma de evaluar el trabajo práctico de los alumnos e incentivarlos a seguir creciendo en el mundo REPI, serán los "Premios REPI". Menciones y distinciones que se otorgarán a los alumnos en forma individual y grupal según su desempeño en el ámbito laboral de la radio. Estos premios se dividirán en diferentes categorías y se premiarán a aquellos roles que han sido de gran aporte en el desarrollo anual de la programación de la radio. De esta forma, la evaluación se vuelve un proceso que el estudiante puede disfrutar, sintiéndose parte de la comunidad REPI, en donde se verán reflejados sus conocimientos y podrá compartirlos con futuros miembros de esta comunidad educativa.

Los premios entregados a los GOPC serán:

REPI DE ORO; REPI DE PLATA; REPI DE BRONCE.

MEJOR GOPC DEPORTIVO; MEJOR GOPC DE INTERÉS GENERAL; MEJOR GOPC MUSICAL; MEJOR GOPC CULTURAL / EDUCATIVO; MEJOR GOPC POLÍTICO / ECONÓMICO; MEJOR GOPC PERIODÍSTICO; MEJOR GOPC DE ESPECTÁCULOS.

Los premios personales a los integrantes de los GOPC serán:

LABOR CONDUCCIÓN FEMENINA; LABOR CONDUCCIÓN MASCULINA; LABOR LOCUCIÓN FEMENINA; LABOR LOCUCIÓN MASCULINA; LABOR PERIODÍSTICA FEMENINA; LABOR PERIODÍSTICA MASCULINA; MEJOR LABOR EN PRODUCCIÓN; MEJOR LABOR EN OPERACIÓN; MEJOR LABOR EN MUSICALIZACIÓN.

#### **4.3 Coordinación**

El/la director/a de producción será principalmente un facilitador/a de conocimientos y una figura que acompañe a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. Se encarga de ir observando el desempeño y funcionamiento de los diferentes GOPC. Orienta a sus miembros en la mejora continua y la búsqueda de la calidad de los contenidos. Brinda herramientas para la construcción de mensajes y contenidos novedosos y creativos.

Además, este rol dentro de la REPI ocupa una tarea más y es la de servir de "caso testigo". El/la directora/a de producción llevará adelante su propio programa radial en el cual cualquier estudiante que desee participar podrá formar parte. Será un programa que perseguirá dos fines: el de generar contenidos culturales de calidad y el de ser un ejemplo en el acompañamiento de los diversos GOPC en la puesta al aire de programas dentro de la REPI. Este programa trabajará con

un periodismo de espectáculos que acompañe al desarrollo cultural de la provincia de Mendoza. Servirá de ejemplo y manifestará en lo concreto, los conocimientos adquiridos en los tres niveles de formación de REPI.

Se acompañará de forma permanente a los estudiantes en el desarrollo práctico de sus conocimientos, guiándolos y ayudándolos en todo lo que sea necesario para que el producto radial que ofrezca la Universidad sea de gran calidad (educativa, social y humana).

## **5. INNOVACIÓN**

El proyecto REPI se presenta novedoso en un aspecto *comunicacional y pedagógico*. En lo comunicacional, rescata dos elementos socialmente debilitados dentro de nuestra cultura actual, que está atravesada con fuerza por los medios masivos de comunicación y las nuevas tecnologías. Estos elementos son: lo emocional y la palabra (la narración).

En lo pedagógico, la REPI *democratiza la palabra y descentraliza el conocimiento* académico. Esto es lo que la diferencia de las radios por Internet tradicionales o las radios universitarias convencionales. El trabajo comunicativo y educativo se da en forma horizontal, a partir de la experiencia compartida del trabajo en equipo.

### **5.1. El rescate de la dimensión emocional**

En cuanto a lo emocional, podemos decir que la Sociedad de la Información, con su gran avance tecnológico, atraviesa un fuerte momento de debilidad de las características propias del ser humano como es, por ejemplo, la conexión con lo emocional. Lo emocional permite la empatía y por lo tanto el respeto hacia el otro. La radio transmite un conocimiento por medio de las emociones y está dirigida también a generar emociones en quien la escucha.

La radio es una voz triple: la voz humana (palabras), la voz de la naturaleza, el ambiente (los efectos de sonido) y la voz del corazón expresada a través de la música. [4] La conjunción de estas tres voces se dirige directamente al plano emocional del oyente, siendo estímulo para conectar con sus propias emociones. La radio así se vuelve transformadora y le permite al individuo no relegar un plano tan esencial para la vida en sociedad como es el emocional.

### **5.2. Se retoma el poder de lo narrativo**

Siguiendo dentro del aspecto comunicacional, REPI y el concepto de Radio Escuela, permite rescatar la palabra (narración) como elemento pedagógico, educativo, de traspaso y enseñanza cultural. Antes de los avances que trajo al mundo la novedad de la imprenta, la palabra era herramienta fundamental para el traspaso de información de una cultura a otra. La palabra permitía que la función simbólica se pasara de una generación a otra. El proyecto REPI elige como medio principal para llevar adelante su trabajo comunicacional y pedagógico a la radio, precisamente porque rescata el poder de la palabra. En una sociedad donde el exceso de imágenes abunda, el rescate de la palabra se vuelve importante. En REPI la palabra, lo narrativo, se convierte en herramienta central y fundamental.

También la palabra ha sido “el medio de comunicación” por excelencia, a través del cual el profesor se convierte en estructurador del pensamiento del alumno. En REPI se le da otro formato a la palabra. [5] No se mantiene la relación vertical profesor-estudiante, sino que tanto profesor como estudiante pueden ocupar roles de ser facilitadores de conocimientos a través de la palabra. Además, se trabaja la palabra de una forma creativa y novedosa utilizando el lenguaje radial, sus géneros y formatos. Incentivando así un uso creativo y atractivo de la palabra.

### **5.3. Innovación pedagógica y social**

En cuanto a la innovación pedagógica, REPI es una de las primeras radios universitarias de la provincia de Mendoza cuyos contenidos son generados por la propia comunidad académica. Los contenidos son creados por los GOPC (Grupos Operativos de Producción de Contenidos). Estos grupos están formados por profesores, estudiantes y personal académico. Generalmente en las radios universitarias o con fines pedagógicos, se les da lugar a los estudiantes avanzados únicamente en las carreras de comunicación o a personas ya egresadas y experimentadas en el tema de los medios masivos de comunicación.

REPI es una plataforma global que persigue la democratización de la palabra. Todos/as tienen voz para decir y construir sus propios discursos. Se parte de la realidad de los miembros de la unidad académica para luego construir discursos, mensajes, informaciones que se comparten con los demás. Es un espacio comunicativo donde todos/as son protagonistas. Se les brindan las herramientas necesarias (a partir de los tres talleres de formación gratuitos) para que puedan

apoderarse de una nueva herramienta y de esta forma compartir sus habilidades con el resto de la comunidad académica y con el mundo.

Además de la democratización de la palabra, también se genera un proceso de “descentralización” del conocimiento, por lo tanto, del poder. Esto se consigue gracias a la tecnología “on demand” y de “podcasting”, con la cual los contenidos generados por los miembros de REPI pueden llegar a diversos puntos del mundo. Se rompen las barreras de tiempo y de espacio en el traspaso de información y conocimiento. Así se generan redes y vínculos horizontales y descentralizados que generan la globalidad del proyecto.

Todo proceso periodístico pertenece al escenario del debate y de la puja entorno al poder, porque lo defiende, lo avala, lo sustenta o lo justifica o porque lo cuestiona y trabaja para su destrucción, para su reemplazo o para su modificación sustancial. La práctica periodística pertenece al terreno de la disputa por el poder y del poder. [6] En REPI no existe sólo una voz autorizada y por lo tanto tampoco un único conocimiento válido. Tampoco existe una sola persona en la cual se centralice el conocimiento porque también se forma a los miembros de REPI para que puedan formar a futuros miembros. Si se democratiza la palabra y se descentraliza el poder, se presenta una alternativa comunicacional fuerte y novedosa.

Esta decisión se vuelve política, porque busca innovar desde la ruptura con modelos clásicos o rígidos tanto en el proceso de facilitación de un conocimiento como en el proceso comunicativo e informativo. Además, esto se refleja en la forma de materializar los contenidos. Se busca romper con la idea de que un contenido culto (vinculado a lo académico) es un contenido elitista (excluyente).

La radio es integradora y más aún en este proyecto. No excluimos a ningún sector de la sociedad civil, pero principalmente nuestros contenidos y discursos tienen que ir dirigidos a aquellos que encuentran en la radio una de las únicas formas de educarse o de adquirir nuevos conocimientos. Allí se materializa nuestra finalidad educativa. Es por esto, que no se debe confundir lo cultural con lo erudito. REPI es una radio cultural, cercana a la gente común, a los ciudadanos y ciudadanas. No por ser una radio universitaria y académica se dirige sólo a un sector restringido de la sociedad, al contrario, incluye absolutamente a todos/as.

En lo pedagógico también es importante destacar que el conocimiento depende en gran medida de la *experiencia*. Es por esto que el proyecto REPI se presenta como una Radio Escuela y no como un simple medio de comunicación institucional académico. Es una de las pocas radios universitarias de la provincia donde se les permite a los alumnos aprender durante el proceso de la puesta al aire. Esto también se vuelve innovador.

La formación previa dada en los talleres, está para poder sentar las bases y los conocimientos básicos necesarios para generar contenidos de calidad. Pero luego, en la puesta al aire de los programas, el proceso de aprendizaje continúa. Se incorporan nuevos conocimientos provenientes del plano de la experiencia vivida. Este fin pedagógico (teórico- práctico) de la radio, permite diferenciarla de otras radios que persiguen otros fines e incluso de otras radios que pertenecen a instituciones académicas.

En conclusión, en una sociedad donde cada vez toma más poder la imagen, el rescate de la palabra y lo narrativo es innovador. Sucede lo mismo con la democratización de la palabra y la descentralización del conocimiento y del poder académico. En una sociedad donde predomina el monopolio de medios y por lo tanto la centralización del poder discursivo en unos pocos, proponer medios no convencionales que busquen romper con la comunicación monopólica no sólo es innovador en lo comunicacional sino también en lo social. Medios de comunicación académicos que acompañen el desarrollo y crecimiento social, para alcanzar una sociedad cada vez más democrática e inclusiva. Esa es nuestra propuesta a través de la implementación y construcción de este Medio Masivo de Comunicación.

## **6. RESULTADOS**

El proceso de la puesta en marcha de la REPI, ha llenado de conocimientos y aprendizajes provenientes del campo de la experimentación a los integrantes de este trabajo. Sobre lo avanzado en los objetivos, se destacan 3 resultados.

### **6.1. La web**

El proyecto REPI ya cuenta con su plataforma en la web donde se puede encontrar la programación. Además, es importante destacar que nuestra radio ya forma parte de la plataforma

global de radios en el mundo: "Radio Garden". Esto ha acercado la REPI a miles de personas de diversas partes del mundo. El sitio es: <http://repi.um.edu.ar/>. Ya hay música disponible las 24 horas del día, los 365 días del año. Además de la página web, la REPI tiene su aplicación disponible para Android.

### 6.1.1 Radio Garden

Es un proyecto de investigación de Studio Puckey, dirigido por Golo Föllmer en la Martin-Luther University Halle en colaboración con otras universidades de Holanda y Reino Unido, coordinadas por el Instituto para el Sonido y la Visión en Holanda. Su idea central: crear un mapa interactivo tipo Google Earth donde se pueda recorrer el mundo a partir de sus estaciones de radio, pudiendo escucharlas en vivo, tal cual están siendo emitidas, sin importar fronteras, idiomas o culturas. Permite poner, al alcance de todo el mundo, la maravilla de la radiodifusión.

En la presentación de la REPI, un objetivo fundamental de la misma, fue la de ser una plataforma global. Que la Radio Escuela de la Universidad se encuentre dentro de esta plataforma persigue, precisamente, esos objetivos de globalidad. Las voces de la UM podrán llegar a miles de personas rompiendo las barreras del tiempo y del espacio. Se podrán intercambiar historias, información, opiniones y muchos contenidos que circulan gracias a este medio masivo de comunicación.

En los primeros meses dentro de la plataforma, ya han escuchado la REPI países como: Uruguay, Paraguay, Holanda, Brasil, Francia, Costa Rica, Canadá, Colombia, México, Chile, España, entre otros. En la semana 7 la REPI ingreso a Radio Garden, en la siguiente tabla se puede notar el incremento generado en las estadísticas.

*Tabla 1 Estadísticas de diversas variables útiles para la mejora continua del proyecto.*

Semana	Oyentes Únicos	Países Únicos	Promedio de Longitud de Sesión (minutos)
1	220	9	2.6
2	59	5	3.5
3	42	8	7.3
4	62	9	10.4
5	0	0	0
6	35	5	14.6
7	150	23	9.1
8	286	29	2.1

**6.2. Construcción del estudio REPI:** la Universidad de Mendoza ya ha comenzado con el proceso de construcción del estudio donde la REPI podrá generar sus propios contenidos. De esta manera, la programación actual (que es únicamente música) sería reemplazada por programas de una hora de duración que llenaran la grilla de contenidos de todo tipo. El estudio está situado en la plata alta de la casa que se encuentra al lado del Rectorado.

**6.3. Formación de los primeros GOPC:** gracias al dictado del "Taller Básico (introducción al lenguaje radial)" que dictó la REPI, ya se han sumado al proyecto una gran cantidad de alumnos, docentes y personal académico que están empezando a trabajar en sus programas. Los Grupos Operativos de Producción de Contenidos que ya se han formado y que serán los primeros en formar parte de la futura programación de REPI son:

#### 6.3.1 Cultura

Se trataran tópicos como cine, música, artes plásticas, fotografía, teatro, literatura, curiosidades del ámbito de la cultura, entre otros temas. Serán contenidos tanto locales como nacionales e internacionales.

#### 6.3.2 Deporte

Programa deportivo que incluirá secciones como sportistas de antaño, la magia del deporte en la sociedad y toda la actualidad del futbol, tenis, rugby y mucho más del ámbito nacional e internacional.

#### 6.3.3 Análisis social

Programa de debate, de análisis, periodismo de investigación, problemáticas sociales, entre otros.

#### **6.3.4 Radio teatro**

Audio drama que al carecer de componentes visuales dependen del diálogo, la música y los efectos de sonido para ayudar al oyente a imaginar la historia.

#### **6.3.5 Salud**

Temas de psicología, kinesiología, medicina, odontología, entre otros.

#### **6.3.6 Magazine**

Un espacio donde predomina el humor, el entretenimiento y la cultura general.

#### **6.3.7 Tecnología**

Programa que te acerca a las novedades tecnológicas, la informática, tutoriales de resolución de problemas, avances en aplicaciones, entre otros temas del mundo tecnológico.

## **7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Actualmente los medios de comunicación constituyen un nuevo universo cultural y tecnológico que la escuela y la universidad deben conocer y promover en el ámbito educativo. Comprender los lenguajes de la tecnología y de la comunicación para apropiarse del conocimiento implica saber interpretar y evaluar la realidad para construir opiniones autónomas. El acceso y el uso de estos nuevos códigos dejan de considerar al receptor como una entidad pasiva para pensarlo como un intérprete capaz no sólo de descifrar la información que recibe, sino también de expresarse y construir su propio mensaje.

Adquirir el manejo de las nuevas tecnologías permite al sujeto actuar como creador y comunicador. Para los jóvenes los lenguajes de la comunicación tecnológica de este principio de siglo son herramientas válidas para pensar, analizar, sobre todo, para expresarse. Decodificar, volver a codificar, construir y producir la propia información con una amplia gama de posibilidades que se interrelacionan entre sí son acciones que estimulan la sensibilidad y el criterio propio. "Trabajar con el lenguaje audiovisual enriquece la percepción estética en torno al sonido, la imagen, el texto. Al mismo tiempo, obliga a pensar contenidos, diseñar estructuras y buscar nuevas formas para el pensamiento, trazar estrategias y analizar e inferir conclusiones desde una perspectiva de conjunto" [7].

## **8. CONCLUSIONES**

Esta es la era de los nativos digitales, una generación que crece en un vínculo directo con la tecnología y las pantallas. Por lo tanto, en un nivel pedagógico esto no puede pasar desapercibido. Los conocimientos y aprendizajes se deben adaptar a esta nueva generación para poder ser más óptimos y eficaces en la instancia de formación del alumno. Es necesaria una pedagogía en medios masivos de comunicación que se adecue a la nueva realidad que viven los estudiantes, a sus características y contexto socio cultural.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente el aspecto global de la REPI se adapta perfectamente a las condiciones dadas debido a su plataforma, ya que al estar "en la nube", permite el acceso virtual desde cualquier lugar del mundo mediante algún equipo: PC, móvil u otro dispositivo que tenga conexión a internet, para poder escuchar los contenidos generados por la Radio Escuela.

Concluyendo, es importante volver a mencionar que el proyecto REPI ya está en marcha y crece cada vez más. Las ventajas competitivas con las que cuenta este proyecto, se basan en que gran parte de los recursos necesarios para la Radio Escuela ya están disponibles. Contar con Facultades afines al proyecto, tales como: Ingeniería, Diseño, Ciencias Económicas, Medicina, Ciencias de la Salud, Derecho, por nombrar algunas, generan un reservorio muy importante de conocimiento, estudiantes y profesores que pueden participar del proyecto de la Radio Escuela.

Por otro lado, las especialidades que se desarrollan en la Escuela Técnica también lo son. Por lo que la Radio Escuela es un complemento ideal, a los fines pedagógicos, de ambas instituciones. Esto significa que las inversiones necesarias en recursos técnicos como humanos son mínimas, ya que se aprovecha toda la infraestructura disponible. De este modo el proyecto se potencia, ya que optimiza el desarrollo educativo, de la Escuela Técnica y la Universidad de Mendoza en su

conjunto, poniendo a la vanguardia en este tema a ambas entidades. Ya se ha empezado el fascinante camino de “ser las voces” de la Universidad de Mendoza. Un camino que tiene un gran potencial, comunicacional y principalmente, educativo.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Girard, B. (2004) La radio e Internet. Mezclar los medios para cerrar la brecha digital. Roma, Italia. 1(1): 5-18.
- [2] Gracia Gago S. (2010). Manual para radialistas analfatécnicos. Quito, Ecuador.
- [3] Gamarnik, C. (2008). La importancia de la radio en los programas de educación a distancia. Buenos Aires, Argentina.
- [4] López Vigil J. (2006) Manual urgente para radialistas apasionados. Venezuela.
- [5] Gamarnik, C. (2008). La importancia de la radio en los programas de educación a distancia. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Espeche E. - Brite N. (2015) Planificación y gestión de proyectos periodísticos. Mendoza, Argentina.
- [7] Watlington, L. (2013). Guía de periodismo en la era digital. Washington, DC. USA. 1(2): 7-16.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a: Departamento de Tecnología de la Universidad de Mendoza; Departamento de Comunicación y Diseño de la Universidad de Mendoza; Departamento de Arquitectura de la Universidad de Mendoza; Ilustraciones por Jorgelina Piccolella.

## AUTORES

Jorge Luis Favier: Director del Grupo de Investigación de Packet Radio, Doctor en Ingeniería, docente en la Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [jlfavier\\_cmgonzalez@hotmail.com](mailto:jlfavier_cmgonzalez@hotmail.com)

Victoria Favier: Licenciada en Comunicación Social, Coordinadora GOPC en REPI, profesora de la Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [vfaviergonzalez@gmail.com](mailto:vfaviergonzalez@gmail.com)

Israel Greco: Estudiante Avanzado de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [Israel.greco@hotmail.com](mailto:Israel.greco@hotmail.com)

Marcos Gianello: Estudiante Avanzado de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [marcoslgianello@gmail.com](mailto:marcoslgianello@gmail.com)

Julián Villoria: Estudiante Avanzado de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [Julianvilloria3121@hotmail.com](mailto:Julianvilloria3121@hotmail.com)

Raúl Paredes: Estudiante Avanzado de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza. Código Postal 5500. [Raulparedes984@gmail.com](mailto:Raulparedes984@gmail.com)

El instituto de investigación Grupo Estación de Packet Radio realiza trabajos de Investigación Tecnológica Precompetitiva (ITP). Dichos trabajos se enmarcan dentro de las actividades extra curriculares que pueden desarrollar los estudiantes de grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza.

# El pensamiento estadístico: la importancia de su desarrollo en alumnos de Ingeniería Industrial

Carnevali, Graciela Haydée\*; Ferreri, Noemí María

*Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,  
Universidad Nacional de Rosario.  
Pellegrini 250. Rosario. [nferreri@fceia.unr.edu.ar](mailto:nferreri@fceia.unr.edu.ar)*

## RESUMEN

Los ingenieros de distintas especialidades, y en especial los industriales, trabajan en el diseño, desarrollo, control y mejora de una gran variedad de productos, sistemas y procesos, muchos de los cuales están interconectados. En todos ellos, la variabilidad y la incertidumbre están presentes. Conocer profundamente los productos, sistemas y procesos en los que están involucrados, y el contexto en el que estos se presentan es muy importante; pero no alcanza. El pensamiento estadístico provee el conocimiento empírico que completa al conocimiento ingenieril. De ahí la importancia de comenzar a desarrollarlo durante la formación de grado de los futuros profesionales, y para ello se requiere que en los cursos de la disciplina se resuelvan más o menos frecuentemente problemas de naturaleza estadística. En el presente trabajo se proponen indicadores de las distintas etapas del ciclo de resolución de problemas y se muestra cómo utilizarlos para diseñar problemas y casos y para evaluar el trabajo de los alumnos. El pensamiento estadístico no se adquiere en el corto plazo; pero lo que se haga en el curso va a favorecer su posterior desarrollo.

**Palabras Claves:** Pensamiento Estadístico, Ingeniería Industrial, Desarrollo, Indicadores.

## ABSTRACT

Engineers from different specialties, and industrial engineers in particular, work in the design, development, control and improvement of a wide variety of products, systems and processes, many of which are interconnected. In all of them, variability and uncertainty are present. Knowing deeply the products, systems and processes in which they are involved, and the context in which said items are presented is very important; but it's not enough. Statistical thinking provides the empirical knowledge that completes the engineering knowledge of a process. Hence the importance of starting to develop it during the undergraduate period of future professionals. For this it is compulsory to frequently resolve problems of statistical nature in the courses. The present paper proposes indicators of the different stages of the problem solving cycle and shows how to use them to design problems and cases and how to evaluate the work of the students. Statistical thinking is cannot be acquired in the short term; but what is done in the courses will favor its further development.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los especialistas en Educación Estadística distinguen tres conceptos principales: la alfabetización, el razonamiento y el pensamiento estadísticos. Los tres presentan muchos puntos en común; pero el pensamiento estadístico se apoya en los dos anteriores y los trasciende para convertirse en sí mismo en una estrategia de resolución de problemas de naturaleza estadística, es decir, de aquellos problemas en los que está presente la variabilidad y consecuentemente la incertidumbre. Este tipo de problemas se presenta cotidianamente en áreas como “Control de Procesos”, “Planificación de la Producción”, “Gestión de la Calidad”, “Gestión de Stocks”, etc. que son áreas de desempeño de los Ingenieros Industriales. En ellas, el pensamiento estadístico junto con la aplicación de las herramientas estadísticas adecuadas resultan de suma importancia ya que permiten conocer cabalmente a los procesos involucrados y luego actuar sobre ellos para reducir su variabilidad y consecuentemente, mejorarlos.

Repensando la formación de grado de los futuros ingenieros industriales desde el eje de la profesión, surge que el desarrollo del pensamiento estadístico debe ser el principio director de los cursos de la disciplina. Esto plantea nuevos interrogantes para los docentes a cargo de estos cursos, entre los que se destacan:

- ¿qué se entiende por pensamiento estadístico?, ¿por qué es importante su desarrollo en alumnos de Ingeniería Industrial?
- ¿cómo lograr que los futuros ingenieros industriales desarrollen este pensamiento?
- ¿cómo evaluar, a través del trabajo de los alumnos, el nivel de pensamiento estadístico alcanzado?

En este trabajo se presentan algunas definiciones de alfabetización, razonamiento y pensamiento estadísticos, haciendo hincapié en este último y se destaca su importancia en la formación de los futuros ingenieros industriales (Sección 2). Luego se presentan recomendaciones para el desarrollo del pensamiento estadístico, tomadas tanto de la bibliografía especializada como de la experiencia docente de las autoras y se proponen además indicadores para orientar el diseño de las clases, la elaboración de materiales, problemas, casos y evaluaciones, etc. (Sección 3). Finalmente se ejemplifica la aplicación de estos indicadores en el diseño de dos casos para el trabajo con alumnos de Ingeniería Industrial y se muestra cómo utilizarlos también para la evaluación de los alumnos (Sección 4).

El pensamiento estadístico constituye un objetivo en el largo plazo, ya que debe pasar a formar parte de la lógica corriente de quienes lo adquieren; pero es muy importante que en los cursos de Estadística y asignaturas relacionadas se asienten las bases para su desarrollo.

## 2. ¿QUE SE ENTIENDE POR PENSAMIENTO ESTADISTICO?

### 2.1. Alfabetización, razonamiento y pensamiento

Alfabetización, razonamiento y pensamiento estadísticos son conceptos que para muchos autores presentan elementos en común e incluso, límites poco claros.

En la literatura especializada en Educación Estadística, la “alfabetización estadística” se asocia a la comprensión y al buen uso del lenguaje y de las herramientas básicas de la disciplina. Incluye también el manejo adecuado de la simbología y de habilidades para organizar los datos en tablas y gráficos. Una persona alfabetizada debe ser capaz de comprender la información estadística disponible en los medios de comunicación y en los informes de investigaciones.

El “razonamiento estadístico” se asocia más bien a la interpretación de los conceptos estadísticos y de las relaciones entre ellos. Es decir, y a modo de ejemplo, quien esté alfabetizado estadísticamente puede calcular un promedio, o cualquier otra medida de resumen de un conjunto de datos; pero quien tenga razonamiento estadístico, podrá interpretar apropiadamente a estas medidas y relacionarlas entre sí.

En cambio, el “pensamiento estadístico” se asocia a todo el proceso de una investigación estadística, desde el planteo mismo del problema hasta la obtención de conclusiones en contexto. Comprender la variabilidad y ser conscientes de todo el proceso que implica la resolución de un problema es mucho más importante que la aplicación de alguna técnica específica.

Una de las primeras definiciones a la que se han ajustado algunos autores sobre Pensamiento Estadístico, es del año 1996 [1]. Lo presenta como una filosofía de aprendizaje y acción basada en tres principios fundamentales:

- Todo trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados
- La variación existe en todos los procesos
- Entender y reducir la variabilidad es la clave del éxito,

Los principales componentes del pensamiento estadístico, señalados por Chance [2] son:

- La omnipresencia de la variabilidad

- La necesidad de poner en juego todo el conocimiento relativo al contexto del problema
- La necesidad de contar con datos, poniendo énfasis en el proceso de construcción de los mismos
- La medición y modelización de la variabilidad
- La consideración de los riesgos en la toma de decisiones

Wild y Pfannkuch [3] definen al pensamiento estadístico como la forma en que los estadísticos piensan y actúan ante un problema determinado. A partir de entrevistas a diferentes profesionales, definieron el ciclo PPDAC que integra las etapas de Planteo del Problema (P), Planificación del Estudio Estadístico (P), Recolección de los Datos (D), Análisis de los Datos (A) y Elaboración de Conclusiones (C).

Poder integrar este ciclo es uno de los aspectos o dimensiones del pensamiento estadístico, que incluye muchos de los componentes mencionados anteriormente y permite resolver los problemas que se dan en el marco de la variabilidad y de la incertidumbre, de ahí la importancia de que los futuros ingenieros industriales lo desarrollen, como se detalla en la sección siguiente.

## **2.2. La importancia del Pensamiento Estadístico en Ingeniería Industrial.**

Los ingenieros de distintas especialidades, y en especial los ingenieros industriales, trabajan en el diseño, desarrollo, control y mejora de una gran variedad de productos, sistemas y procesos, muchos de los cuales están interconectados entre sí. En todos ellos, la variabilidad y la incertidumbre están presentes. [4]

Conocer profundamente los sistemas y procesos en los que están involucrados, y el contexto en el que estos se presentan es muy importante; pero no alcanza. El pensamiento estadístico provee el conocimiento empírico que completa al conocimiento ingenieril de un proceso [5], ya que permite aprender sobre su variabilidad: ¿cuánto vale? ¿a qué factores se debe? ¿cómo se comporta esa variabilidad en el tiempo? ¿cómo puede reducirse?

Este aprender sobre los procesos, que implica entre otras operaciones recoger datos a partir de mediciones o ensayos, no es el del científico, sino el del ingeniero, que utiliza el conocimiento adquirido para actuar sobre los procesos y mejorarlos.

Tener la habilidad de pensar estadísticamente es fundamental para el trabajo del ingeniero ya que termina reportando beneficios en la mejora de los procesos, productos y servicios.

Se debe entonces insistir en una formación estadística que ponga el acento en el desarrollo de este tipo de pensamiento en los futuros profesionales, independientemente de su especialidad.

## **3. ¿COMO LOGRAR QUE LOS ALUMNOS DESARROLLEN EL PENSAMIENTO ESTADISTICO?**

Si bien es importante lograr que los alumnos de carreras de Ingeniería estén alfabetizados estadísticamente y que puedan relacionar los conceptos de la disciplina, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe enfocarse en el desarrollo del pensamiento estadístico. Eso implica la necesidad de que en los cursos de Estadística los alumnos tengan la ocasión de plantear y resolver más o menos frecuentemente problemas de naturaleza estadística, es decir problemas donde la variabilidad está presente y, por consiguiente, se desarrollan en presencia de incertidumbre.

¿Qué características deben presentar, entonces, los problemas que los docentes les propongan? En primer lugar, no deben plantear situaciones muy simplificadas, de manera que para resolverlos, sólo tengan que aplicar una fórmula, hacer unas cuentas y obtener conclusiones que no puedan relacionar con algún contexto de aplicación. Por el contrario, deben tener la mayor cantidad de “ingredientes” posibles, de manera que en su resolución los alumnos vayan transitando las distintas etapas del proceso. En segundo lugar, deben pertenecer a algún área de aplicación del futuro ejercicio profesional.

Naturalmente que no alcanza sólo con que los alumnos puedan transitar adecuadamente el proceso de resolución de un problema. Deben tener un manejo adecuado de los principales conceptos de la Probabilidad y de la Estadística, sobre los que se debe trabajar a lo largo de todo el curso. En síntesis, el manejo de los conceptos (entre ellos, el de variabilidad y el de incertidumbre) y el manejo del ciclo de resolución de problemas constituyen los pilares del pensamiento estadístico y los objetivos a lograr en cualquier curso de la disciplina.

En el diseño de los problemas para el trabajo con los alumnos se requieren indicadores de las distintas etapas del proceso de resolución de problemas de naturaleza estadística, como los propuestos por las autoras en trabajos anteriores [6, 7]. En la Tabla 1 se presenta un listado “completo” para todas las etapas del ciclo de resolución de problemas. Los indicadores están redactados como proposiciones, que en este caso se refieren al problema en sí y describen las tareas que debe realizar el alumno para su resolución.

**Tabla 1. Indicadores de las diferentes etapas del Ciclo PPDAC, para guiar la elaboración de problemas y casos**

Etapa	Nombre del indicador	Indicadores para guiar la construcción de problemas (A)	Indicadores para evaluar el desempeño de los alumnos (B)
Planteo del Problema	P-1	Presenta un problema de decisión a partir del cual el alumno debe reconocer o plantear el objetivo general.	Reconoce o plantea el objetivo general
	P-2	Presenta la población o deja que el alumno la defina.	Reconoce o define la población bajo estudio.
	P-3	Presenta las variables de interés o deja que el alumno las defina.	Reconoce o define las variables.
	P-4	Presenta los parámetros o deja que el alumno los defina.	Reconoce o define los parámetros de interés.
	P-5(*)	Presenta los cursos de acción o deja que el alumno los defina.	Reconoce o define los cursos de acción posibles.
	P-6(*)	Presenta un criterio de decisión en función de algún parámetro o deja que el alumno los defina.	Reconoce o define un criterio de decisión en función de algún parámetro.
	P-7	En función del enunciado, el alumno debe traducir estadísticamente el problema y los objetivos	Traduce estadísticamente el problema y los objetivos
Planificación del Estudio Estadístico	PP-1	Presenta el tipo de estudio (poblacional, muestral, experimental) o deja que el alumno lo defina.	Reconoce o define el tipo de estudio.
	PP-2	En el caso de muestras o experimentos, presenta un tamaño de muestra o deja que el alumno lo defina.	En el caso de muestras o experimentos, reconoce o define tamaño de muestra
	PP-3	En el caso de muestras presenta una precisión y/o nivel de confianza pretendidos o deja que el alumno los defina.	En el caso de muestras reconoce o define la precisión y/o el nivel de confianza pretendidos.
	PP-4 (**)	En el caso de estudios por muestro o experimentos, define el tipo de muestra o de diseño o deja que el alumno lo defina	En el caso de estudios por muestro o experimentos, reconoce el tipo de muestra o de diseño o deja que el alumno lo defina
	PP-5	Da información sobre cómo se van a medir las variables o deja que el alumno lo decida.	Reconoce cómo se van a medir las variables o define cómo hacerlo.
	PP-6	Da información sobre cómo se va a garantizar la trazabilidad de los datos o deja que el alumno lo defina.	Reconoce cómo se va a garantizar la trazabilidad de los datos o define cómo hacerlo.
	PP-7	Da información sobre el plan de análisis de los datos o deja que el alumno lo defina	Reconoce o define el plan de análisis de los datos
Recolección de los Datos	D-1	Brinda los datos e información sobre cómo se llevó a cabo el trabajo de campo o deja que el alumno lo realice.	Indica cómo se llevó a cabo el trabajo de campo, o bien lo hace e indica cómo.
	D-2	Presenta los datos depurados e información sobre cómo se hizo la depuración, o bien deja que el alumno realice esa tarea.	Indica cómo se llevó a cabo la depuración de los datos o bien lo hace e indica cómo.
Análisis de los Datos	A-1	Brinda gráficos de los datos o deja que el alumno los realice.	Utiliza e interpreta los gráficos provistos o los construye e interpreta.
	A-2	Brinda información sobre diversas medidas de resumen o deja que el alumno las obtenga.	Utiliza e interpreta las medidas de resumen provistas o las obtiene e interpreta.
	A-3	Brinda salidas de software o deja que el alumno las obtenga.	Utiliza salidas de software o las obtiene y utiliza.
	A-4	Brinda información sobre el cumplimiento de los requerimientos de las técnicas de inferencia o deja que el alumno lo verifique.	Identifica la información sobre el cumplimiento de los requerimientos de las técnicas de inferencia o lo realiza.
	A-5	Aplica herramientas inferenciales o deja que el alumno las aplique.	Utiliza las herramientas inferenciales brindadas o las aplica.
Conclusiones	C-1	Brinda interpretaciones de los resultados o deja que el alumno lo haga.	Reconoce o interpreta adecuadamente los resultados.
	C-2	Presenta conclusiones en relación al contexto o brinda información de contexto para que el alumno la utilice al elaborar sus conclusiones.	Reconoce las conclusiones en contexto o utiliza la información de contexto para elaborar sus conclusiones.
	C-3	Presenta conclusiones en relación a los objetivos en lenguaje no estadístico o deja que el alumno lo haga.	Reconoce las conclusiones en función de los objetivos o las obtiene y comunica en lenguaje no estadístico.

(\*) Estos indicadores corresponden al caso de que se trate de problemas de decisión.

(\*\*) En el curso sólo se consideran muestras aleatorias simples, por lo tanto, no se considera la elección del tipo de muestra entre los indicadores. En cuanto a los diseños experimentales, en el primer curso no se definen distintos tipos de diseño, de modo que el alumno sólo puede identificar que se trata de un estudio experimental.

Estas se clasifican en “reconocer” y “hacer”: las primeras se presentan cuando en el problema están definidos algunos elementos o realizadas algunas etapas y el alumno sólo tiene que reconocerlas; mientras que las segundas se presentan cuando en el problema no hay nada definido y es el alumno quien finalmente debe llevar adelante las distintas tareas, según su criterio. Naturalmente, los indicadores del “hacer” implican mayor grado de dificultad. Estos indicadores se pueden utilizar también para diseñar clases, materiales de trabajo, evaluaciones, etc.

¿Cómo utilizar los indicadores para el diseño de problemas y casos? A modo de ejemplo se presentan dos casos diseñados aplicando indicadores de las etapas de Planteo del Problema, de Análisis de los Datos y de Elaboración de Conclusiones, siguiendo la sugerencia de Moore [8] de trabajar con el ciclo reducido PAC con alumnos que recién se inician en los temas de Estadística.

Caso 1: Una maderera minorista recibe embarques de diferentes tipos de madera que comercializa luego en la ciudad de Rosario y en la zona de influencia. En el último tiempo, ha recibido quejas de los clientes en relación a la madera de pino de calidad selecta. Estos manifiestan que las hojas presentan muchas imperfecciones en su superficie.

La madera selecta de pino llega en embarques de varias decenas de miles de hojas. En la maderera deciden entonces comenzar a inspeccionar los embarques de este tipo de madera y para ello, el supervisor escoge aleatoriamente 400 hojas de cada uno.

Cada hoja se clasifica en buena o mala según el número de defectos (imperfecciones) que posea. Se decide considerar mala a una hoja cuando esta tenga por lo menos 3 defectos en su superficie. Un analista cuestiona la forma de trabajo del supervisor, que siempre elige las hojas de la parte superior del embarque, aduciendo que esa forma de selección no puede considerarse aleatoria y propone seleccionar hojas ubicadas en diferentes posiciones dentro del embarque.

En el archivo se encuentran, para el embarque recibido a comienzos de este mes, los datos de las hojas seleccionadas por el supervisor (primera columna) y también los datos de las hojas seleccionadas según la propuesta del analista (segunda columna). Analice exhaustivamente los datos, utilizando separadamente la información de la muestra del supervisor y la del analista.

En base a la información obtenida, redacte un informe con sus conclusiones.

Caso 2: En un proceso de producción, una de las operaciones consiste en efectuar un corte en una pieza de plástico. Dicho corte debe tener una profundidad inferior a 7 cm, de acuerdo a lo que está especificado en los planos.

En la empresa desean saber si la operación de corte se realiza de acuerdo a lo especificado, o si es necesario introducir modificaciones. A tal fin toman una muestra aleatoria de 150 piezas ya cortadas y observan la profundidad del corte en cada una de ellas.

Un analista calcula el intervalo de confianza para la profundidad promedio y considera que los cortes se realizan adecuadamente, según lo especificado.

¿Qué opina Ud. de la afirmación del analista? Si no está de acuerdo con él, ¿puede dar a la empresa alguna información que sirva de base para mejorar el proceso?

A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se mencionan los indicadores asociados a la etapa de Planteo del Problema en los dos casos propuestos.

En ambos casos, planteado el problema, los alumnos deben analizar los datos que ya se les brindaron y escribir sus conclusiones en el contexto del problema.

En el primer caso, además, del proceso de resolución en sí, se abrió la posibilidad de discutir sobre la importancia de contar con buenas muestras aleatorias, ya que, exprofeso se presentaron dos muestras; una claramente sesgada y la otra, no y los alumnos pudieron constatar rápidamente que las conclusiones obtenidas a partir de la muestra sesgada eran erróneas. Es decir, que si bien se trabaja con el ciclo reducido PAC, siempre está abierta la posibilidad de analizar cuestiones relativas a otras etapas.

En el segundo caso, la situación dio lugar a discutir sobre las diferencias entre los conceptos de “valor de la variable profundidad” y “valor de parámetro profundidad promedio”. Los alumnos habitualmente confunden ambos conceptos, incluso cuando interpretan los intervalos de confianza para la media poblacional, de modo que el caso ofrece una instancia para discutirlo y aclararlo. Se profundiza entonces sobre un concepto estadístico importante: la diferencia entre el valor de la variable y el valor del promedio, implícito también en el concepto de distribución.

De ser posible, debe favorecerse la discusión grupal de los casos, que constituye una ocasión para formular preguntas que permiten tener en cuenta a muchos de los indicadores no considerados inicialmente, Por ejemplo,

- ¿se podrían haber considerado otras variables?, ¿se podrían haber definido otros parámetros de interés? (Etapa Planteo del Problema)

- ¿con qué criterio se habrá definido el tamaño de muestra empleado? (Etapa Planificación del Estudio Estadístico)

- ¿cómo se habrá organizado la recolección de los datos? (Etapa Recolección de los Datos)
- ¿cómo se habrá garantizado su trazabilidad? (Etapa Planificación del Estudio Estadístico)
- ¿se podrían haber analizado los datos utilizando otras herramientas? (Etapa Análisis de los Datos)

Tabla 2. Indicadores de la etapa Planteo del Problema en los dos casos propuestos

Caso	El caso propuesto ...	El alumno debe...
1	presenta una situación a partir de la cual el alumno debe definir el objetivo general	definir el objetivo, que, en este caso es estimar alguna medida que dé cuenta de la calidad del embarque de maderas
	presenta la población	reconocer que la población está compuesta por las miles de hojas de madera del embarque
	deja que el alumno defina las variables	definir dos variables: la calidad de la hoja (variable cualitativa con modalidades buena o defectuosa) en función del número de imperfecciones por hoja (cuantitativa, discreta)
	deja que el alumno defina los parámetros de interés	definir dos posibles parámetros: la proporción de hojas defectuosas y el número promedio de imperfecciones por hoja.
2	presenta una situación a partir de la cual el alumno debe definir el objetivo general	definir el objetivo, que, en este caso es conocer si el proceso de corte de las piezas se realiza según lo especificado.
	presenta la población	reconocer que la población está compuesta por los infinitos cortes realizados en piezas plásticas de cierto tipo.
	deja que el alumno defina las variables	definir que la variable es la profundidad del corte (cuantitativa, continua)
	deja que el alumno defina los parámetros de interés	definir dos posibles parámetros: la proporción de cortes fuera de especificaciones o bien pensar conjuntamente en la profundidad promedio y en el desvío estándar

#### 4. ¿COMO EVALUAR EL NIVEL DE PENSAMIENTO ESTADISTICO ALCANZADO?

En el momento de evaluar el desempeño en la tarea de resolución, es importante que el docente pueda recorrer todas las etapas del proceso llevado a cabo por los alumnos y detectar en cuál o en cuáles se presentan las mayores dificultades, para poder re-orientar su labor docente y las próximas actividades a proponer. Esa tarea también le permitirá clasificar a cada alumno según el nivel de pensamiento estadístico alcanzado.

Surge naturalmente que los mismos indicadores que se utilicen para la evaluación deben estar íntimamente relacionados con los que se habían utilizado para la elaboración de los problemas o casos.

En la Tabla 3 se presentan, a modo de ejemplo, los indicadores correspondientes a las etapas de Planteo del Problema y de Elaboración de Conclusiones. El docente, debe evaluar el trabajo de los alumnos en función de ellos, observando si su presencia en la resolución. No hay que olvidar además que, subyacente al proceso de resolución de problemas, está una adecuada comprensión de los conceptos estadísticos y de las relaciones entre ellos, por lo cual indicadores como los presentados en la tabla mencionada deben estar acompañados por otros que detecten las dificultades en relación a los conceptos de la disciplina.

Surge de la evaluación, cuáles son las etapas que mayor dificultad presentan y concretamente, qué tareas dentro de cada etapa son las más problemáticas para los alumnos. Lo mismo puede decirse sobre los diferentes conceptos. Esto sirve de guía a los docentes para reformular las clases y nuevos problemas.

Tabla 3. Indicadores para evaluar el trabajo de los alumnos en relación a las etapas “Planteo del Problema” y “Elaboración de Conclusiones”

Etapa	Indicadores
Planteo del Problema	Reconoce o plantea el objetivo general
	Reconoce o define la población bajo estudio.
	Reconoce o define las variables.
	Reconoce o define los parámetros de interés.
	Traduce estadísticamente el problema y los objetivos
Elaboración de Conclusiones	Reconoce o interpreta adecuadamente los resultados.
	Reconoce las conclusiones en contexto o utiliza la información de con-texto para elaborar sus conclusiones.
	Reconoce las conclusiones en función de los objetivos o las obtiene y comunica en lenguaje no estadístico.

## 5. CONCLUSIONES.

El Pensamiento Estadístico se apoya en la comprensión de conceptos y razonamientos propios de la disciplina, es decir, presupone la alfabetización y el razonamiento estadísticos; pero va más allá de ellos y se involucra en todas las etapas que tienen lugar desde el planteo y hasta la resolución de problemas donde están presentes la variabilidad y la incertidumbre. Permite al profesional aprender sobre los procesos, a partir del análisis de datos cuya recolección fue debidamente planificada y ejecutada y facilita la toma de decisiones y en el largo plazo, la mejora de los procesos involucrados.

El desarrollo de este pensamiento se da en el largo plazo; pero el trabajo en los cursos de Estadística resolviendo problemas y casos del área de interés de los alumnos, lo facilita.

En este trabajo se proponen indicadores de las distintas etapas del proceso de resolución de problemas de naturaleza estadística, para ayudar a los docentes en el diseño de los mismos y en la evaluación del trabajo de los alumnos. Con la aplicación de la mayor cantidad de indicadores, la tarea de resolución de los problemas resulta más provechosa para los estudiantes y la evaluación, más provechosa para los docentes, que pueden tomarla de guía para replantear las actividades en el aula.

## 6. REFERENCIAS.

- [1] ASQ, Statistics Division (2004). *Glossary and Tables for Statistical Quality Control, Fourth Edition (E-Book)*. Cuarta edición.
- [2] Chance, B. (2002) “Components of Statistical Thinking and Implications for Instruction and Assessment”. *Journal of Statistical Education*. Vol.10, N° 3  
[www2.amstat.org/publications/jse/v10n3/chance.html](http://www2.amstat.org/publications/jse/v10n3/chance.html)
- [3] Wild, C. y Pfannkuch, M. (1999). “Statistical Thinking in Empirical Enquiry (with discussion)” *International Statistical Review*, Vol 67, N° 3, pp. 223-265
- [4] Isaac Godínez, C.; Lamar, Maneses, F. (2010). “El pensamiento estadístico en la formación del Ingeniero”. *15 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. La Habana Cuba.
- [5] Krishnamoorthi, K. S. (2010) “Statistical Thinking for Engineers. What, Why and How?” *17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Beijing, China.
- [6] Carnevali, G. y otros (2014) “Resolución de problemas de decisión estadística; diseño y aplicación de indicadores para su desarrollo y evaluación”, *XVIII EMCI Nacional y X EMCI Internacional*, Mar del Plata, Argentina.
- [7] Carnevali, G. y Ferreri, N. (2015) “Resolución de problemas de naturaleza estadística; indicadores para su evaluación en alumnos de ingeniería industrial”, *XIX EMCI Nacional y XI EMCI Internacional*, San Nicolás, Argentina.
- [8] Moore, D. (1999) “What shall we teach beginners?” (Invited discussion of a paper from Wild and Pfannkuch). *International Statistical Review*, Vol 67, N° 3, pp.250-252

# Experiencias áulicas basadas en didácticas tradicionales y activas, y su evaluación.

Casco, Eva; De Santis, Eduardo; Tibaldo, Aldana; Rodríguez, M. Elvira\*

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe  
Departamento de Materias Básicas*

*Lavaisse 610, Santa Fe. [ecasco@frsf.utn.edu.ar](mailto:ecasco@frsf.utn.edu.ar)[edu.desantis@gmail.com](mailto:edu.desantis@gmail.com)[tibaldo@frsf.utn.edu.ar](mailto:tibaldo@frsf.utn.edu.ar)  
[mrodriguez@frsf.utn.edu.ar](mailto:mrodriguez@frsf.utn.edu.ar)*

## RESUMEN

Los estudiantes universitarios ingresantes en el ciclo lectivo 2018 pueden considerarse como los denominados "millennials", cuyas características predominantes son, entre otras, su gran adaptación a la tecnología, capacidad de desarrollar multitareas y su creatividad. En consecuencia, los docentes universitarios evidencian la necesidad de adaptar sus prácticas áulicas tradicionales a otras que promuevan didácticas activas, innovadoras, a fin de generar un aprendizaje significativo. Surge así el concepto de coreografías didácticas, metáfora tomada del mundo de la danza, con el que, en contextos educativos, se pretende crear ambientes donde se enriquezca el aprendizaje. Los procesos metodológicos de las coreografías influyen en la efectividad del proceso de aprendizaje y se realizan mediante experiencias que incluyen el disfrute de lo que se hace, de tal forma que el estudiante aprende progresivamente.

Hoy se conoce la importancia de atender al desarrollo de habilidades que van más allá de la aplicación mecánica de métodos y algoritmos, lejos ha quedado la preocupación centrada en la adquisición de técnicas y la repetición de rutinas estandarizadas.

El presente trabajo se basa en el concepto de la Enseñanza para la Comprensión (EpC) y narra dos experiencias áulicas en la enseñanza de la matemática. En ambas se trató el tópico generativo "transformación de funciones elementales"; una de ellas se centró en el uso de recursos tradicionales y la otra, en el uso del software Geogebra.

Teniendo en cuenta que el nuevo Reglamento de las carreras de grado de la UTN establece la evaluación continua en todas las asignaturas y que ésta, es parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, se desea, además de realizar una valoración de los resultados del aprendizaje, concluir si el uso que se le otorgó al soft evidenció un beneficio para los estudiantes y si es de su preferencia a la hora de estudiar el tema.

**Palabras claves:** Enseñanza para la comprensión (EpC), TICs, Coreografías didácticas, Evaluación.

## ABSTRACT

University students, who begin the academic year in 2018, can be called as "millennials", whose predominant characteristics are, between others, great adaptation to the technology, aptitude to multitasks develop and to be creative. In consequence, university teachers highlight the need to adapt their traditional practices to other which promote active didactics, and must be innovative in order to generate a significant learning. Thus, the concept of didactic choreography arises, as a metaphor taken from the world of dance, with which, in educational contexts, it is intended to create environments where learning is enriched. The methodological processes of the choreographies influence the effectiveness of the learning process and are carried out through experiences that include the enjoyment of what is done, in such a way that student learn progressively.

Today it is demonstrated that it is important to attend to the development of skills that go beyond the mechanical application of methods and algorithms, the worry focused on the technique acquisition and the repetition of standardized routines stays far.

The following paper is based on the Education for the Comprehension (EpC) concept and narrates two classroom experiences in mathematics education. In both classes, the generative topic considered was "transformation of elementary functions"; one of them centered on the use of traditional resources and the other one, on the use of Geogebra software.

Taking into account that a new Regulation of UTN University careers establishes the continuous assessment in all their subjects, and the fact that it is a part of the teaching – learning process, it is desired, beside assessing the learning results, to find out if the use of the soft, that was given in this study case, demonstrated a benefit for the students and if it is their preference at the moment of studying the topic.

## 1.1. Introducción

El presente trabajo consiste en un estudio de caso basado en alumnos de la cátedra Análisis Matemático I (AMI), comisiones A y B, de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe (UTN FRSF) que ingresaron en el 2018.

Teniendo en cuenta que los mismos nacieron entre los años 1980 y 2000, pertenecen a la generación de los denominados “millennials”, los cuales poseen características particulares tales como: se integran rápidamente en la diversidad, demandan actividades en grupo y consideran que la tecnología no es sólo una herramienta para realizar un trabajo, sino que es parte integral de sus vidas. Además, se identifican fuertemente con ideas o conceptos como los de libertad, personalización, integridad, colaboración, entretenimiento, rapidez e innovación [1].

Podría considerarse que los *millennials* presentan valores, creencias y estilos que ponen entre juicio las estrategias de enseñanza vigentes. Por ello como profesores, buscamos entender cómo aprenden en el mundo actual digitalizado [2] y cuánto comprenden. Para lograrlo, articulamos mediante una didáctica activa puestas en escena, a través de coreografías, en donde el proceso de construcción de aprendizajes de nuestros alumnos se concreta.

El interés de esta experiencia tuvo origen en las dificultades de estudiantes universitarios para la comprensión de las transformaciones de funciones elementales. Entendemos a este contenido relevante en la formación de un futuro ingeniero, ya que el mismo permite explicar, justificar, extrapolar, vincular y aplicar las propiedades de funciones elementales de maneras que van más allá del conocimiento o la habilidad rutinaria.

Por tanto, la variable observada es la comprensión. Para analizarla, se consideraron resultados desde lo cognitivo (producción de los alumnos de un trabajo práctico) y se recogió información cualitativa a través de las observaciones de los docentes que reflejaron lo actitudinal y afectivo.

## 1.2. Marco Teórico

Como docentes pretendemos que los estudiantes aprendan, y para que dicho aprendizaje sea de calidad, es importante analizar el contexto en el que proceso de enseñanza-aprendizaje tendrá lugar. La propuesta conceptual de las coreografías didácticas nos invita a proyectarnos como profesores que montamos coreografías, que articulamos puestas en escena en donde el proceso de construcción de aprendizajes de nuestros alumnos se concreta en medio de un tejido institucional portador de identidad [6].

Una coreografía didáctica “es una metáfora que se toma del mundo de la danza para intentar aplicarlo en contextos educativos. Con una buena coreografía incluso bailarines mediocres pueden llegar a resultados aceptables. Mientras que con una mala incluso los más brillantes pueden fracasar” [2].

Un claro ejemplo de coreografía didáctica es la experiencia de aula abierta donde se diseña un escenario de aprendizaje innovador, motivando a los alumnos con recursos sensoriales [3].

Los procesos metodológicos de las coreografías influyen directamente en la efectividad del proceso de aprendizaje y se llevan a cabo mediante experiencias que incluyen el goce y el disfrute de lo que se hace, de tal forma que el estudiante aprende significativamente y de manera progresiva. El docente tiene que reconocer cuál es su papel en el proceso de enseñanza - aprendizaje como ser humano, como planeador y gestor de unas coreografías didácticas [4]. Las coreografías son enriquecidas con trabajos en grupo, debates, realización de proyectos, entre otros [5].

Una coreografía minimalista donde el profesor justifique las relaciones entre las gráficas de una función elemental  $y=f(x)$  y la  $y=d+c f(ax+b)$  puede derivar en que, debido a lo abstracto del manejo, el estudiante no logre aprehender el poderoso concepto que le permitirá explicar, justificar, extrapolar, vincular y aplicar de diversas maneras, que van más allá del conocimiento o la habilidad rutinaria. Teniendo en cuenta las características de nuestros alumnos, “millennials” se decidió incluir en el desarrollo de este contenido el uso de un software (en este caso Geogebra) para invertir el tratamiento habitual: primero se observan las transformaciones, se discuten, se vinculan, se analizan desde lo simple a lo complejo y luego son los estudiantes (y no el docente) los que deben descubrir dichas transformaciones. Esto lleva a refinar los desempeños de comprensión, objetivo de nuestras prácticas docentes.

La didáctica tradicional se caracteriza por unos contenidos específicos y una verticalidad fuerte; aquí se enseña lo que el docente sabe. No obstante, resulta importante en algunos momentos administrarla y enseñar con este estilo, claro está, en virtud de la temática, de los objetivos y las necesidades. En cambio, la didáctica activa sostiene que el docente tiene que ser un mediador, que logre proyectar un aprendizaje, que se adapte a la innovación y al uso de recursos cotidianos; debe ser un gestor que promueva en la institución la adquisición de recursos que fortalezcan sus propuestas de enseñabilidad para que de manera general, diferencial y específica se potencialicen los procesos de aprendizaje [7].



Es de destacar que para valorar la comprensión se ha adoptado el marco conceptual Enseñanza para la Comprensión (EpC). La EpC refiere a un tipo de constructivismo que evoca más la metáfora de desarrollar una capacidad de actuación flexible que, con el tiempo, se convierta en un dominio [8-10].

Así, un parámetro de falta de comprensión es cuando un estudiante no puede ir más allá de la memorización y la acción rutinaria. Poseer el conocimiento y las habilidades es un antecedente crucial para un aprendizaje para la comprensión, pero no un consecuente.

El marco conceptual de la EpC está constituido por cuatro pilares claves:

1. Tópicos generativos
2. Metas de comprensión
3. Desempeños de comprensión
4. evaluación diagnóstica continua

Los tópicos generativos tienen la característica de ser centrales para una o más disciplinas o dominios, resultan atractivos para los alumnos, son accesibles, por la gran cantidad de recursos que permiten al estudiante investigarlos y, quizás lo más importante de todo, despiertan el interés de alumnos y docentes. Por reunir todas las condiciones, elegimos para esta experiencia el tópico generativo “transformaciones de funciones elementales”.

En cuanto a las metas de comprensión son enunciados o preguntas donde se expresan cuáles son las cosas más importantes que deben comprender los alumnos en una unidad o en un curso. Si bien son varias, la meta abarcadora en la experiencia se puede resumir en que los alumnos puedan obtener información relevante de una función, usando la interpretación gráfica de las transformaciones de funciones elementales, tales como dominio, cotas, tendencias, rango, continuidad, existencia de extremos locales, etc.

Los desempeños de comprensión son actividades que desarrollan y a la vez demuestran la comprensión del alumno en lo referente a las metas de comprensión, al exigirles usar lo que saben de nuevas maneras. Al principio los desempeños de comprensión son simples y luego evolucionan para emprender tareas más exigentes, que impliquen desafíos progresivamente más sutiles, hasta culminar con un proyecto final de síntesis. En esta experiencia el desempeño planificado fue la realización colectiva de un ejercicio que integra distintas transformaciones, en la que los docentes colaboraron en la tarea. Luego, se observó lo aprehendido en la resolución de un ejercicio comprendido en un trabajo práctico individual que forma parte de las instancias de evaluación para la promoción de la asignatura.

La evaluación de los aprendizajes debe basarse en criterios relevantes, explícitos y públicos vinculados con las metas de comprensión, que dan la oportunidad de aplicarlos y ensayarlos antes de que se los use para evaluar los desempeños. Es necesario además, que dichos criterios provengan de múltiples fuentes (propias, del docente o de sus pares) y que permitan estimar el avance mostrando no sólo los logros, sino cómo superar las dificultades encontradas. La evaluación continua constituye en este sentido un proceso sistemático, continuo y planificado que acompaña a los procesos de enseñanza y aprendizaje [11].

Es aquella que genere oportunidad de aprendizajes, promueva la comprensión del propio proceso de conocimiento del evaluado, posibilite la articulación de saberes, su intención es de integrar y no excluir, permita la enunciación de dudas, ignorancias e inseguridades, promueva la participación, produzca información que esté al servicio de los protagonistas, se incluya en los itinerarios curriculares, sea compatible con el proceso de enseñanza y de aprendizaje y permita tomar decisiones educativas respondiendo a los criterios de pertinencia y relevancia [12]. Toda evaluación implica un juicio de valor, y constituye la base para la mejora misma de la enseñanza [13]. Permite que el profesor regule el proceso de enseñanza y que el alumno reoriente o convalide el proceso de aprendizaje [14].

En base a lo expuesto, sería pertinente que se revisen los enfoques de evaluación de los diseños curriculares para una mayor coherencia entre los procesos de enseñanza y los resultados de aprendizaje como uno de los puntos centrales para lograr una transformación educativa.

En este sentido, se reformó el Reglamento de Estudios de las carreras de grado de la UTN [15], el que establece la obligatoriedad de la evaluación continua en todas las asignaturas, explicitando en el capítulo 8 (Régimen de evaluación) que: “todas las cátedras deberán establecer las condiciones de aprobación directa basada en un régimen de evaluación continua”.

Es así como mediante este trabajo, se pretende contribuir a la calidad educativa de nuestra institución y a la mejora continua de nuestras prácticas docentes.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Valorar los niveles de comprensión y la percepción de los alumnos de Ingeniería Industrial de la UTN FRSF, en base a dos experiencias áulicas diferentes en la asignatura Análisis Matemático I, tratando el tópico generativo “transformaciones de funciones elementales”.

## 2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar los resultados obtenidos en el trabajo práctico individual a partir de la utilización de la didáctica tradicional para un caso (comisión A) y la didáctica activa en otro (comisión B).
- Evaluar si la propuesta de una coreografía con didáctica activa, basada en el uso del software Geogebra, puede mejorar la comprensión del tópico.
- Considerar la percepción de los alumnos de la comisión B, respecto al uso del software.

## 3. Metodología

Cabe aclarar que la asignatura AMI cuenta con dos comisiones diferentes, denominadas “A” y “B”, con distintos equipos docentes, quienes pueden elegir diversos instrumentos de enseñanza.

La experiencia áulica de la comisión A se basa en una didáctica tradicional utilizando los recursos pizarra y fibrones para exponer el tema en la clase. En cambio, en la comisión B, se propone una didáctica activa con la utilización del software Geogebra. El uso de dicho software es una innovación como parte de una coreografía didáctica a fin de evaluar si esto mejora los niveles de comprensión y el aprendizaje.

A continuación, se describen detalladamente las experiencias áulicas.

### 3.1. Experiencia Comisión A:

La experiencia se inició con el dictado de la clase, en la cual, primero se explicaron cuáles pueden considerarse funciones elementales y cómo se grafica cada una de ellas en el pizarrón. Luego, mediante la presentación de los distintos tipos de transformaciones posibles de dichas funciones en forma genérica se introduce al tema. Se presentan los desplazamientos horizontales y verticales, reflexiones horizontales y verticales, alargamientos y compresiones.

Luego de esta explicación, se realizan en el pizarrón ejemplos de las gráficas de funciones elementales transformadas, explicando, paso a paso, cada transformación en forma analítica y gráfica hasta llegar a la función deseada. A fin de explicar las modificaciones en la función elemental, se utilizaron fibrones de diferentes colores para cada tipo de transformación sobre un mismo gráfico de coordenadas para comparar los cambios realizados.

Una vez que se dieron algunos ejemplos por parte del docente, se dio un ejercicio para que lo realicen en grupo los propios alumnos en sus carpetas, a partir de lo cual surgían dudas y consultas para trabajar en conjunto. El docente se acercaba a los grupos para ayudarlos y evacuar las dudas. Luego se resuelve en el pizarrón para todos.

### 3.2. Experiencia Comisión B:

La experiencia comenzó con el dictado de una clase, en la cual, mediante una presentación con el uso de PowerPoint, se recordaron conceptos tales como dominio, rango, intersecciones con los ejes, función par-impar, intervalo/s de positividad-negatividad, entre otros.

Una vez recordados los conceptos necesarios para poder avanzar se expusieron diversos archivos mediante el software Geogebra. Dichos archivos se diferenciaban unos de otros ya que cada uno dejaba en evidencia una función elemental diferente. Una vez que se mostraron las funciones elementales y se definieron las características propias de cada una, se logró obtener un abanico de funciones. Este abanico de funciones estaba conformado por las diversas transformaciones que se podían lograr a partir de las elementales. Las mismas podían poseer desplazamientos verticales y/o horizontales, compresiones y/o alargamientos verticales y/o horizontales y reflexiones. Algunas transformaciones se pudieron evidenciar a través del software con la utilización de deslizadores que reflejaban la animación tal como se observa en la Figura 1, otras simplemente se visualizaron al introducir la forma analítica de la función.

Considerando los temas expuestos, se culminó la clase con la resolución colectiva de un ejercicio que integraba lo dado.

A continuación se muestra en la Figura 1 un ejemplo presentado en la clase con la explicación de alargamientos y compresión de la función elemental  $y=\sin(x)$ .

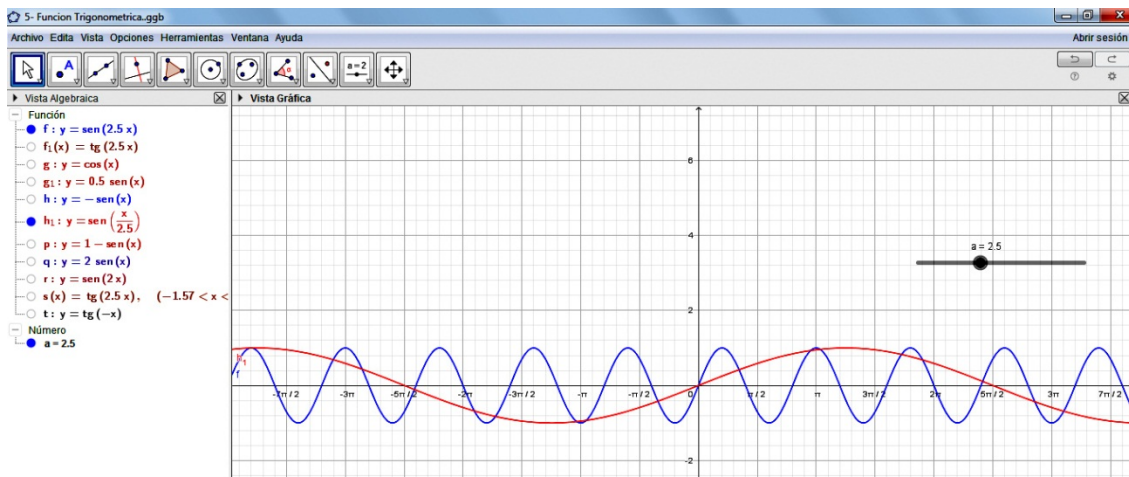


Figura 1. Alargamiento-Compresión de la función elemental  $y=\text{sen}(x)$  con un deslizador

Para ambas comisiones, la experiencia daba su cierre con la resolución de un ejercicio en un trabajo práctico de carácter obligatorio individual, según define la planificación de la cátedra. A continuación se describen los resultados obtenidos en cada una de las comisiones evaluadas.

#### 4. Principales resultados y Perspectivas

##### 4.1. Resultados en la Comisión A:

- Se observaron resultados académicos satisfactorios en el ejercicio propuesto en el trabajo práctico individual. En este grupo se solicitaba que se grafique y se explique analíticamente paso a paso cada transformación para llegar a la función dada a partir de su elemental. En este trabajo práctico no se daba el dato de la función elemental, sino que el mismo alumno debía reconocerla. La función propuesta era:

$$f(x) = \left| \frac{1}{x+2} \right| - 4$$

- En este caso también se valoró que los conceptos de dominio, rango, intersecciones con los ejes, crecimiento o decrecimiento de una función, entre otros estaban afianzados y se pudo continuar con los conocimientos nuevos.
- Se aplicó en la clase dada para este grupo una didáctica tradicional utilizando los recursos típicos de fibrones y pizarrón, explicación por parte del docente y desarrollo de ejemplos por parte de los alumnos en sus bancos. En este caso el escenario institucional también nos permitió generar un ambiente de aprendizaje propicio para el trabajo colaborativo.
- Se detectaron en el trabajo por parte de los alumnos, algunos grupos del curso motivados que trabajaba, consultaba y participaba activamente de la resolución del ejercicio propuesto, pero lamentablemente no todos.

De los 61 alumnos evaluados:

- 33 alumnos realizaron correctamente el inciso (54,10%) y sólo 3 alumnos no plantean ni resuelven el ejercicio (aproximadamente un 5%).
- 8 alumnos no explican analíticamente cada transformación o lo hacen incorrectamente (13,11%).
- Se evidenciaron errores menores en las gráficas de los ejes coordenados o en la definición de la escala (3,28% en cada error).
- 4 alumnos (6,56%) presentaron dificultades para graficar o detectar la función elemental
- Al momento de graficar cada transformación es donde se detecta la mayor cantidad de errores. (9 alumnos, 14,75%). En algunos casos, no se graficaron alguna de las transformaciones, se presenta confusión en los desplazamientos verticales y horizontales, y en el efecto que genera el valor absoluto en la gráfica.

En la Figura 2 se presentan gráficamente estos resultados:

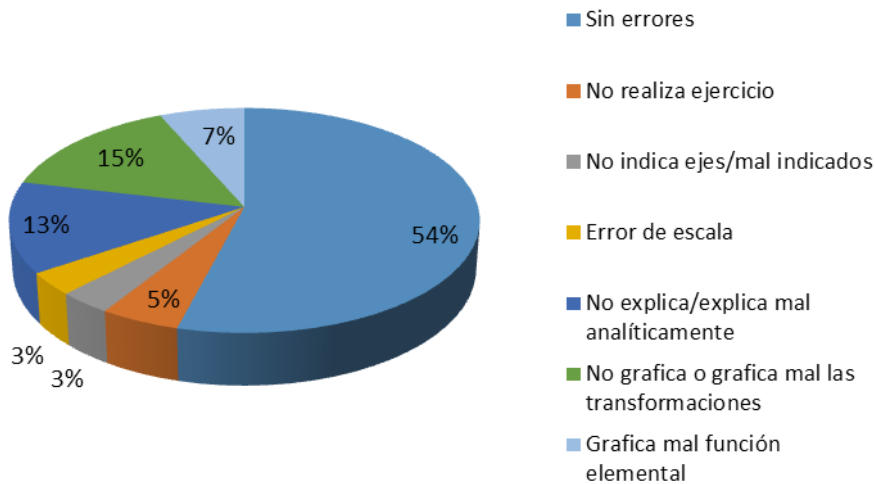


Figura 2. Resultados del TPC Comisión A

#### 4.2. Resultados en la Comisión B:

- Se observaron mejoras en los resultados académicos en el ejercicio propuesto en el trabajo práctico individual. En el mismo, se solicitaba que dada la función elemental  $g(x)=2^x$ , se grafique y especifique paso a paso las transformaciones que sufriría  $f(x)=|2^x-1|-2$ .
- Se valoró, mediante la observación colectiva, que los conceptos de dominio, rango, intersecciones con los ejes, crecimiento o decrecimiento de una función, entre otros estaban afianzados y se pudo continuar con los conocimientos nuevos.
- Se logró una buena coreografía didáctica mediante la propuesta innovadora y la utilización del soft. Además el escenario institucional nos permitió generar un ambiente de aprendizaje propicio para el trabajo colaborativo.
- Se logró motivar al grupo de alumnos y al equipo docente.

De los 37 alumnos evaluados:

- 20 alumnos realizaron correctamente el inciso (54,05%), de los cuales 11 no realizaron el paso a paso analítico que se solicitaba, pero sí todos el paso a paso gráfico.
- 7 alumnos (18,91%) dejaron en evidencia que no tenían en claro el concepto de desplazamiento vertical, de los cuales 5 realizaron correctamente el primer desplazamiento vertical pero en el segundo realizaron un desplazamiento horizontal. Los restantes 2 alumnos presentaron desconociendo total del mismo.
- 3 alumnos (8,10%) presentaron dificultades para graficar la función elemental, lo que desencadenó una imposibilidad para graficarla, pero dejaron en evidencia, analíticamente, que los conceptos con lo que respecta a la transformación de dicha elemental estaban claros.
- 2 alumnos (5,40%) no lograron graficar la  $|f(x)|$ .
- 5 alumnos no resolvieron el ejercicio (13,51%).

A continuación en la Figura 3 se muestran los resultados mencionados anteriormente:

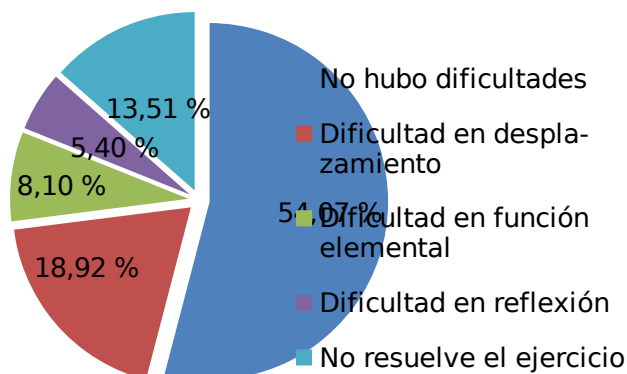


Figura 3. Resultados del TP comisión B

Si bien los resultados son semejantes entre las dos comisiones, y a pesar que, al ser cursos distintos no se pueden comparar, se puede valorar cuáles son las facilidades y dificultades que encontraron los alumnos a la hora de estudiar el tema “transformaciones de funciones elementales”, evaluar los resultados obtenidos y qué herramientas les fueron útiles en cada caso.

### 4.3. Resultados de las encuestas en Comisión B:

A fin de detectar el impacto que tuvo el uso del software en el grupo que lo utilizó en la clase, también se realiza una encuesta a cada alumno de forma anónima, con 7 preguntas de respuesta Si/No y con la opción de dar Motivos a su respuesta. En la Tabla 1 se presenta el cuestionario de la misma.

Tabla 1. Cuestionario sobre uso del Geogebra- Comisión B

1	La utilización del software, ¿favoreció su comprensión acerca de las funciones elementales y las diferentes características de cada una, como por ej. dominio, rango, intersecciones con los ejes, entre otras?
2	Con respecto a los conceptos visualizados a través el software Geogebra, ¿considera que pueden ser utilizados para la resolución de un ejercicio en una instancia de evaluación parcial?
3	¿Cree Ud. que la implementación de la tecnología en el aula ayuda a mejorar la comprensión?
4	¿Considera que sería más provechoso utilizar la didáctica tradicional (pizarrón y tiza) en vez de la didáctica activa utilizada (software) para comprender el tópico “transformaciones de las funciones elementales”?
5	¿Utiliza herramientas tecnológicas en su ámbito o escenario de estudio?
6	¿Utiliza con frecuencia el software Geogebra?
7	¿Le resulta sencillo o intuitivo el software al momento de resolver diversos problemas?

- **Cantidad de alumnos encuestados: 35**

En la Tabla 2 se detallan los porcentajes de cada respuesta por cada pregunta.

Tabla 2. Porcentajes de respuestas SI/NO por pregunta

NRO PREG	RESPUESTAS					
	SI	%	NO	%	NS/NC	%
1	33	94%	2	6%	0	0%
2	24	69%	11	31%	0	0%
3	33	94%	0	0%	1	3%
4	8	23%	24	69%	0	0%
5	31	89%	4	11%	0	0%
6	18	51%	16	46%	0	0%
7	27	77%	7	20%	1	3%

En la Figura N° 4 se grafican los porcentajes de cada respuesta por pregunta a fin de visualizarlas más claramente:

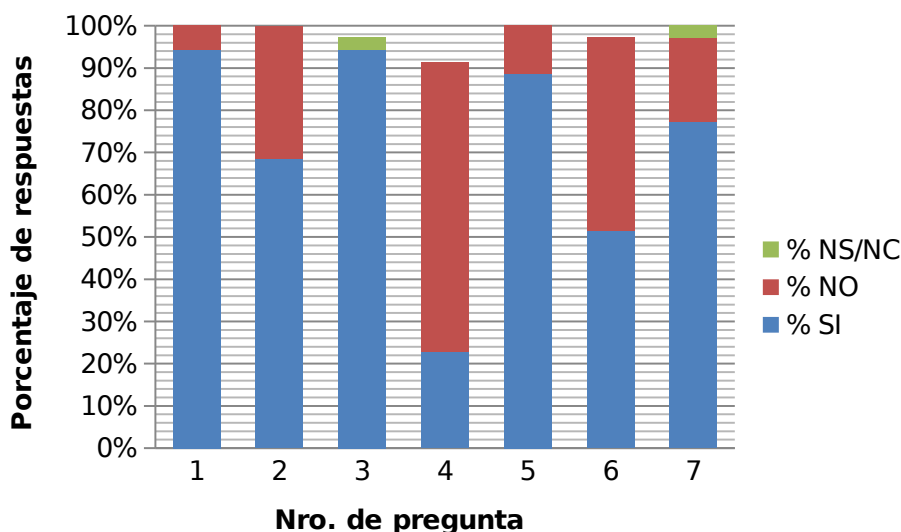


Figura N° 4. Porcentajes de respuestas por pregunta

**4.4. Detalles de motivos expuestos en cada pregunta:** se aclara que no todos los encuestados han expresado sus motivos. A continuación se detallan los motivos expuestos de los alumnos por pregunta:

- **Pregunta 1:**
  - **SI:** del 94% que contestaron afirmativamente, 13 de los encuestados indicaron como motivos que el software, al mostrar la gráfica en forma clara, facilita su visualización y comprensión.
  - **NO:** del 6%, un alumno sostuvo: *"No creo que sea necesario para funciones elementales"*
- **Pregunta 2:**
  - **SI:** del 69% 11 alumnos afirman que sería útil y dinámico para ver gráficas y resolver problemas más complejos o para realizar cálculos.
  - **NO:** del 31% 5 de ellos aclaran que en instancias de evaluaciones no sería conveniente porque se haría muy fácil o no sería práctico.
- **Pregunta 3:**
  - **SI:** del 94%, quienes dieron sus motivos indicaron (14 alumnos): es una herramienta muy útil, ágil y didáctica para comprender más rápido, facilita a calcular, resolver problemas complejos, graficar e interpretar, tanto a docentes como a alumnos.
  - **NO:** 0%
- **Pregunta 4:**
  - **SI:** del 23%, 3 estudiantes hacen referencia a que se puede ver paso a paso la transformación, facilita comprensión y ahorra tiempo.
  - **NO:** del 69% 11 de ellos afirman que la clase sería monótona, poco dinámica, la herramienta de software es más útil, se comprende mejor y se visualiza más fácil. 3 encuestados no indican SI/No sino que contestan que depende del tema que se dé o que ambas formas pueden ser necesarias.
- **Pregunta 5:**
  - **SI:** del 89% 7 estudiantes indican que lo usan solo para verificar gráficas o cuando no están en clases para consultar, verificar resultados, o evacuar dudas.
  - **NO:** del 11% hay 2 alumnos que aclaran "compu o celu" o "no tengo motivo".
- **Pregunta 6:**
  - **SI:** del 51% 7 de ellos opinan en forma similar a la anterior, es decir, para verificar gráficas, comparar resultados, para trabajar con rapidez o ahorrar tiempo.
  - **NO:** del 46% 4 alumnos indican como motivo que no conocen como usarlo, que recién lo están conociendo, o solo por falta de costumbre.
- **Pregunta 7:**
  - **SI:** del 77% 5 de ellos afirman que es práctico y sencillo.
  - **NO:** del 20% 5 alumnos contestan que aún deben aprender a usarlo o que necesitan práctica para poder usarlo.

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

Si bien los resultados obtenidos al evaluar ambas comisiones son semejantes, porcentajes de ejercicio sin errores en ambos grupos del 54%, como docentes logramos valorar el nivel de comprensión, pues podemos afirmar que los alumnos han alcanzado un nivel de comprensión ingenuo, y como resultado interesante de este análisis se puede valorar cuáles son las facilidades y dificultades que encontraron los alumnos a la hora de estudiar el tema "transformaciones de funciones elementales". Que ambos grupos hayan logrado este nivel de comprensión, independientemente del uso o no de tecnología en el aula, nos interpela a continuar investigando, si se mantiene este comportamiento para otros tópicos.

Pretendemos que los alumnos piensen por sí mismos y lleguen a ser capaces de aplicar lo que saben apropiada y creativamente. El proceso de aprendizaje debe implicarlos, precisamente, en este tipo de pensamiento activo. Es esencial que los docentes nos aseguremos que los alumnos pasen una amplia parte del tiempo utilizando y expandiendo activamente sus mentes y no recibiendo pasivamente lo que otros han creado. Por ello, consideramos positivo y nos motiva a seguir trabajando en este sentido, que el alumno valorara la didáctica activa y ponga de manifiesto que *le resulta una herramienta didáctica para comprender más rápido, facilita a calcular, a resolver problemas complejos, a graficar e interpretar, tanto a docentes como a alumnos*. En la encuesta realizada ellos destacan la preferencia por el uso del software a la hora de comparar resultados, corroborar respuestas o evacuar dudas y se destacan las ventajas de su uso (es ágil y ahorra tiempos, permite una mejor visualización y es una herramienta didáctica).

No debemos dejar de destacar la visión del alumno, su interés y motivación a partir del uso del software, pues el mismo manifiesta la utilidad para interpretar resultados, competencia requerida para todo futuro ingeniero.

Además, el hecho de explotar el potencial que las tecnologías emergentes ofrecen en pos de alumbrar un escenario de enseñanza/aprendizaje, le otorga al alumno la posibilidad de afianzarse en criterios sustantivos como la autonomía, la flexibilidad y la interrelación de los contenidos.

En lo que resta del año lectivo se propone, para los casos de aquellos alumnos de la comisión A (a quienes se les habían dado el tema con una didáctica tradicional) que deban recuperar el trabajo práctico individual sobre este tema, considerar las clases de consultas y aplicar el concepto utilizando el software, a fin de evaluar luego si dichos alumnos pueden lograr mejores niveles de comprensión en dicha instancia de evaluación.

Para los alumnos que deban recuperar el trabajo práctico de la comisión B, quienes ya han utilizado el software y han estudiado usando la herramienta, se podrá evaluar si el mayor uso de la misma, les permitirá lograr mejores resultados, conociendo que este grupo en su mayoría expresó su preferencia de uso a la hora de estudiar el tema.

A futuro se pretende relacionar este tópico con funciones utilizadas en diversas asignaturas del ciclo básico en la que aparecen transformaciones de funciones elementales tales como en física movimiento armónico simple ( $y(t) = A \sin(\omega t)$ ), en química la datación por radio carbono ( $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ),

en estadística la función de distribución normal  $y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2}$ . Todas estas ecuaciones

se tratarán en un futuro cercano y se observa que el estudiante suele dar sólo un uso numérico, desatendiendo las ricas conclusiones que de su gráfica podría obtener.

En el marco de la evaluación continua se puede seguir trabajando otros temas con el software para que los alumnos desarrollen mayor seguridad y conocimiento de éste, con tópicos generativos tales como “razón de cambio” y “optimización” y poder evaluar nuevamente su nivel de comprensión.

## 6. Referencias bibliográficas

[1] Domínguez Dávila, Nelissa. (2013). “La generación millennials en la universidad: nuevas realidades para el consejero profesional”. Gurabo, Puerto Rico.

[http://ut.suagm.edu/sites/default/files/uploads/Centro-Estudios-Doctorales/Tesis\\_Doctorales/2013/NDominguez.pdf](http://ut.suagm.edu/sites/default/files/uploads/Centro-Estudios-Doctorales/Tesis_Doctorales/2013/NDominguez.pdf)

[2] Cataldi, Zulma; Dominighini, Claudio. (2015). “La generación millennial y la educación superior. Los retos de un nuevo paradigma”. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. 12, 19. 14-21.

[3,4] Zabalza Beraza, Miguel. (2017) *Guía didáctica basada en la conferencia “Coreografías didácticas para una enseñanza innovadora”*. Feria del Libro Buenos Aires. Buenos Aires.

<https://www.fundacionluminis.org.ar/radio/miguel-zabalza-beraza-las-coreografias-didacticas-la-ensenanza-innovadora>

[5] Rivarosa Somavilla, Alcira; Chesta, Rosana; De la Barrera, María Laura; De Piccoli, Liliana. (2016). “Aprender en aulas abiertas: nuevas coreografías didácticas para educadores infantiles”.

*Revista Latinoamericana de Educación Infantil*. 5, 4. 173-181.

<http://www.usc.es/revistas/index.php/reladei/article/download/4962/5318>

[6,8] Gutiérrez Casas, Marco Vinicio. (2013). “Didácticas activas: Coreografía didáctica. Una propuesta integradora del ser, hacer y saber hacer para la didáctica universitaria”. *Revista Interacción*. 12, 203-213.

<http://www.unilibre.edu.co/revistainteraccion/volumen12/art14.pdf>

[7] Cid Sabucedo, Alfonso; Pérez Abellás, Adolfo; Zabalza Beraza, Miguel. (2013). “Las prácticas de enseñanza realizadas/observadas de los «mejores profesores» de la Universidad de Vigo”. *Educación XX1*. 16, 2, 265-296. doi: 10.5944/educxx1.16.2.2643

<http://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/10342/9880>

[9] Blythe, Tina. (1999). *La Enseñanza para la Comprensión. Guía para el docente*. Buenos Aires. Editorial Paidós.

[10] Stone Wiske, Marta. (1999). *La Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires. Editorial Paidós.

[11] Stone Wiske, Marta. (2005). *La Enseñanza para la Comprensión con Nuevas Tecnologías*. Buenos Aires. Editorial Paidós.

[12] Cabona, Fabiana; Wierszylo, Laura. (2015). Unidad 3: La evaluación de los aprendizajes. (Material de estudio utilizado en el curso "Didáctica General para Docentes" en la UTN FRSF.)

[13] Celman, Susana; Galarraga, Gloria; Rafaghelli, Milagros; Martínez, Marta; Grinóvero, Nora; Gerard, Agustina; Osella, Julia. (2009). "Aportes de la Evaluación para la Formación Docente". *Itinerarios Educativos*. 3, 8-22. doi: [www.dx.doi.org/10.14409/ie.v1i3.3911](http://www.dx.doi.org/10.14409/ie.v1i3.3911)  
<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/Itinerarios/article/viewFile/3911/5938>

[14] Santos Guerra, Miguel Ángel. (2003). "Dime cómo evalúas y te diré qué tipo de profesional y de persona eres". *Revista Enfoques Educativos*. 5, 1, 1-15.  
[http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/enfoques/07/Santos\\_DimeComoEvaluas.pdf](http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/enfoques/07/Santos_DimeComoEvaluas.pdf)

[15] Davini, María Cristina. (2008). *Métodos de enseñanza. Didáctica general para maestros y profesores*. Buenos Aires. Santillana. Buenos Aires.  
<https://practicadelaen2.files.wordpress.com/2013/04/mc3a9todos-de-ensec3b1anza-davini.pdf>

[16] Consejo Superior de la UTN. Ordenanza 1549: Reglamento de Estudio de Carreras de Grado de la UTN. (2016).  
<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1549&anio=0&facultad=CSU>.



# La evaluación continua durante la formación del Ingeniero Industrial en la UTN FRSF

Ambrosini, Marcela S.; Tucci, Víctor C.; Rodríguez María E.; Pereyra, Diego O.

*Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.  
Lavaisse 610-Santa Fe. msambrosini@frsr.utn.edu.ar; vtucci@frsf.utn.edu.ar;  
mrodriguez@frsf.utn.edu.ar; dpereyra@frsf.utn.edu.ar*

## RESUMEN.

Las actividades vinculadas a la evaluación como parte integrante del proceso educativo se pueden realizar bajo diferentes enfoques y con una gran variedad de instrumentos que posibiliten potenciar las instancias como parte de un proceso dinámico que aporte en la construcción de la formación. Considerada una actividad de comunicación entre diferentes actores, la evaluación no debiera restringirse a un examen final sino extenderse al contexto y condiciones en que se llevan a cabo los procesos.

En 2017 entró en vigencia un nuevo Reglamento de Estudios en la Universidad Tecnológica Nacional. La norma, entre otros aspectos, establece la evaluación continua para todas las asignaturas y, en consecuencia, alumnos y docentes tuvimos que repensar nuestras prácticas.

En este contexto y con el propósito de detectar los cambios operados en metodologías y su incidencia en el rendimiento académico, se realizó un trabajo de campo con diferentes actores involucrados e información específica de asignaturas de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional Santa Fe.

Este escrito presenta los primeros resultados obtenidos que, si bien son preliminares por tratarse de una experiencia reciente, expresa las debilidades y fortalezas de las relaciones establecidas entre los instrumentos y el rendimiento académico. De las conclusiones se desprende que los resultados afianzan la necesidad de continuar enfrentando desafíos en la formación continua.

**Palabras Claves:** Formación continua – Evaluación – Rendimiento académico.

## ABSTRACT

The activities linked to the evaluation, as an integral part of the educational process, can be realized under different approaches and with a great variety of instruments, which make possible to promote the instances as a part of a dynamic process that reaches in the construction of the education. Evaluation, considered as a communicational activity between different actors, must not be restricted to a final exam only, but it should be extended to the context and conditions where these processes are carried out.

A new studies Regulation in UTN University establishes the continuous assessment for all its subjects and forced us to rethink our educational practices. In order to detect the methodological changes and their incident in the academic performance, a fieldwork was realized by different involved actors and with specific Industrial Engineering subjects' information.

This paper presents the first results that, though they are preliminary from a recent experience, express the weaknesses and strengths of the relations established between the instruments and the academic performance. On the basis of the conclusions, it is clear that the results guarantee the need to continue facing challenges in the permanent training.

## 1. INTRODUCCIÓN: APROXIMACIÓN AL CONTEXTO UNIVERSITARIO EN EL QUE ENSEÑAMOS, APRENDEMOS Y EVALUAMOS

El objetivo de este trabajo es recuperar los principales aportes teóricos sobre la evaluación continua e identificar sus características en las asignaturas Integradoras en la carrera de Ingeniería Industrial.

Hace un tiempo considerable se habla del proceso de enseñanza y aprendizaje. Más recientemente se ha incorporado el tema de los resultados, con la premisa que es necesario focalizar las prácticas de enseñanza centrándonos en los estudiantes.

La evaluación si bien es un componente esencial “del proceso de enseñanza y los resultados de aprendizaje, la relación que se establece entre ambos, como claramente lo explicita Camilloni [1], no es “lineal”. Esta afirmación permite realizar dos inferencias. La primera. “Las buenas prácticas de enseñanza son condición necesaria, pero no suficiente para los resultados de aprendizaje”. La segunda, la enseñanza y el aprendizaje comprendidas como proceso requieren una evaluación continua.

Esta “no linealidad” hace alusión a un ejercicio complejo. Lo que tradicionalmente entendíamos como proceso enseñanza –aprendizaje, tiene distintas dimensiones que necesitamos revisar y contextualizar para mirarla como un proceso integral que, más allá de sus contradicciones y componentes, contempla lo ético, lo político, lo epistemológico y lo pedagógico didáctico.

A nivel de política curricular vivimos momentos intensos y complejos. En las carreras de Ingeniería entre otras cuestiones y sólo a modo de ejemplo, podemos ver que estos temas se reflejan en la necesidad de repensar, reformular estándares ministeriales, actualizar planes de estudio, y una cantidad importante de transformaciones que tienen a las Universidades como actores fundamentales de estos procesos sociales, políticos, económicos y académicos.

Una de las cuestiones importantes a considerar como lo dice claramente la autora precitada es la necesidad de distinguir en los estudiantes, los tiempos de aprendizaje, que son particulares de cada sujeto. Y en relación a ellos se considera también necesario contemplar los ritmos de enseñanza y las propuestas de evaluación continua.

Los conocimientos que denominamos, básicos, entre otras cuestiones dicen relación a algo, son “relativos”, en este caso a lo específico, al campo profesional y su relevancia social.

Los conocimientos generales se refieren a cuestiones que hacen a lo ético político, al desarrollo personal como seres sociales. Esto significa que son fundamentales para todos, y en este sentido su carácter necesario para la vida en sociedad les confiere cierto carácter “absoluto”. Estos son aspectos que hay que ir tejiendo cuando se piensa e implementa política curricular. Ella, se plasma en un diseño y desarrollo, pero no se agota en lo prescripto. Realizar estos procesos requieren de una mirada integradora e interdisciplinaria. En este sentido nos preguntamos por la función de las asignaturas integradoras en nuestros planes de estudio. Sus prácticas de enseñanza, los resultados de aprendizaje y los modos de evaluación que proponemos.

Las primeras preguntas que proponemos parten de una tesis que vamos a sostener a lo largo del trabajo. “El conocimiento y la educación en todos sus niveles son un bien público y un derecho humano que debe ser garantizado por el estado”. Y en este sentido planteamos las siguientes cuestiones:

¿Cómo desde la Universidad nos hacemos cargo de la construcción de la sociedad de aprendizaje, qué características tiene nuestra relación con el conocimiento? Por esto la necesidad de una respuesta que contemple las dimensiones epistemológicas, pedagógico didácticas, y ético políticas.

Parafraseando a Camilloni [2] retomamos unas preguntas que ella reformula: ¿“El conocimiento puede salvar al mundo? La respuesta en general es, afirmativa. ¿Puede la Universidad salvar el conocimiento? En este caso la respuesta es más difícil, pero quizás también puede encontrar una afirmación positiva, en la medida en que generemos determinadas condiciones. La tercera es aún más compleja: ¿puede la Universidad, salvar el valor de los conocimientos? Y para precisar los objetivos de nuestra presentación nos preguntaremos cuáles son los objetivos de las asignaturas integradoras de nuestros planes de estudio en las tres preguntas que formula la autora.

Entendemos que lo podremos hacer en la medida en que asumamos que la educación y el conocimiento son bienes públicos y derechos humanos y por esto la importancia de la tesis enunciada.

Creemos que en educación superior ha llegado el momento de problematizar algunas cuestiones sobre lo que consideramos la misión fundamental en nuestro espacio formativo.

En este sentido dejamos una pregunta que creemos es importante y compleja sobre todo para encontrar aspectos “universalizables”. ¿Qué significa la docencia, el aprendizaje y la evaluación?

Nuestra invitación afirma que la docencia es un acto esencialmente político, porque sus objetivos fundamentales encierran la posibilidad de construir socialmente aprendizajes públicos y a través de ellos, transformar.

Esto será posible con una revisión profunda hacia su interior, en las estructuras organizativas en cuanto a la construcción y democratización de los conocimientos y en su modo de gobierno que requiere la construcción de proyectos políticos colectivos y sostenidos en el tiempo.

Democratización de conocimientos significa precisamente entender que la educación y el conocimiento son un derecho humano y un bien público que deben ser garantizados, porque son parte de nuestra condición humana. Tal como se explicita en la ley Nacional de Educación 26206/06 y Reforma de la ley de Educación Superior 27204/15. [3]

Estas afirmaciones son planteadas por la autora cuando habla de la responsabilidad que tenemos con los que llegan a la educación superior.

Todo proyecto universitario, como propuesta histórica y política, reconoce la importancia de la formación de competencias técnicas específicas, pero requiere que éstas se desarrollen en un marco más amplio que apunte a la formación de competencias ciudadanas, como una opción ética, política y epistemológica que necesariamente incide en el modo de comprender y hacer la universidad al servicio del desarrollo y la inclusión social.

Asumir esta premisa significa que la educación superior y su calidad se deben mirar a través de sus imperativos fundacionales y actuales, sus deseos de cambio y su voluntad de conservación, sus opciones fundamentales y sus posicionamientos cotidianos, el rol de sus egresados y sus contribuciones al desarrollo inclusivo de todos.

La transformación y reconstrucción de una sociedad hoy fragmentada requieren de un compromiso fundamentado. Al decir de Sartre: “no nos convertimos en lo que somos sino mediante la negación íntima y radical de lo que han hecho de nosotros”.

Esto significa, entre otras cuestiones, apostar y sostener con recursos y opciones claras la formación de un profesional capaz de descubrir, anticipar y atender las necesidades profundas de la sociedad que le permitió formarse, para ejercer su profesión con criterios de ciudadanía lo cual, entre otras cuestiones, requiere de un profundo conocimiento crítico de la realidad social.

Según sostiene Pérez Lindo [4], en la actualidad, muchas instituciones de educación superior están marcadas por la reproducción de la formación de profesionales e incluso bajo el modelo de una administración eficiente, pero carecen de políticas de gestión del conocimiento. Y de esta posición, lo que resulta aún más grave, es que estas mismas instituciones se encuentran atravesadas por una lógica credencialista, profesionalista o investigativa, que carece de una auténtica política académica capaz de integrar las funciones en orden al sentido último para el que fue creada: la producción, legitimización y redistribución equitativa de conocimientos.

Es preciso problematizar estos conceptos: ¿qué significa hoy enseñar, aprender, evaluar? Creemos que las demandas de la sociedad no pueden ligarse a la inmediatez, sino a la calidad cognitiva y política con las que realicemos nuestras tareas de docencia (evaluación) y aprendizaje. Para esto debemos tener claridad y consenso sobre cómo y para qué desde lo político gestionamos el conocimiento para llegar al aprendizaje.

Un compromiso con la producción y distribución del conocimiento entendido como bien público y derecho humano de todos, asentado en los valores de justicia, equidad, tolerancia y autocritica. Por esto planteamos que el gran desafío de la educación en el SXXI es la construcción de una sociedad de iguales precisamente porque lo que nos atraviesa es la desigualdad.

## **2. PRIMERAS CONSIDERACIONES SOBRE LA EVALUACIÓN CONTINUA**

El nuevo Reglamento de Estudio de UTN [5], de implementación reciente y en etapa de evaluación, en primer lugar, significan una invitación a mirar en profundidad, con autocritica, nuestras prácticas de enseñanza, actividades, procesos y los resultados de aprendizaje y, fundamentalmente, el carácter social, ético y pedagógico didáctico que estos últimos tienen. Entre otras cuestiones estas prácticas son complejas y resultan complicadas porque todos sabemos que obtener información de modo sistemático y posteriormente “valorar”, cuánto sabe el otro siempre resulta inexacto y parcial. Curiosamente las discusiones que tenemos antes de pensar las funciones de la evaluación, los instrumentos, los momentos, las formas; son ricas e interminables, pero frecuentemente las mismas, parecen cerrarse definitivamente cuando obtenemos la calificación o definimos la situación, de un modo “definitivo”, sin darnos cuenta que probablemente, este sería el momento para profundizar el pensamiento y la acción. El hecho de haber partido desde la dimensión ética, política, epistemológica y didáctica de la educación, es quizás lo que nos permite empezar a repensar la enseñanza aprendizaje y su evaluación como uno de los puntos nodales del proceso educativo.

Es importante notar que toda actividad evaluativa significa una valoración y que, por lo tanto, debe ser comprendida como una aproximación a la realidad. Esta, como lo anticipamos en la introducción, se realiza como “llamada de atención” para evitar, desde un primer momento, tanto posturas escépticas como dogmáticas en torno a ella. Estas posiciones son frecuentes en el ámbito académico y quizás tanto una como otra, son elementos que deterioran el sistema educativo.

En este sentido, esta propuesta de reflexión y acción requiere de una fundamentación teórica que a partir de los aportes, pretende marcar las grandes líneas y funciones que el sistema de evaluación debe tener en relación con una propuesta curricular flexible e integral, amplia, cognitivamente significativa y socialmente relevante.

Esta propuesta se encuentra claramente plasmada en los diseños curriculares de los distintos niveles. Por esta razón y ante un modelo de enseñanza-aprendizaje como el que se propone, es necesario repensar enfoques de evaluación que sean parte y guarden coherencia con los procesos de enseñanza y los resultados de aprendizaje y por esta razón hablamos de evaluación continua.

Esta coherencia requerida quizás sea uno de los puntos centrales para lograr una transformación educativa anunciada, esperada, profunda y sostenida.

Las perspectivas teóricas y conceptuales que se abordan son válidas para diversos tipos de evaluación.

La evaluación es una cuestión compleja y su comprensión tiene múltiples significados y aplicaciones. Por una parte, lo podemos atribuir a que ella se puede aplicar a una diversidad de sujetos, objetos y situaciones; por otra, al uso ideológico que la misma encierra.

Hablamos de dimensión ético-política porque en ella se encuentran los fundamentos y argumentos que nos permiten sostener la finalidad de nuestras prácticas de evaluación: ¿para qué evaluamos? Cuáles son los principios, argumentos, valores, ideas que sostienen nuestras prácticas de enseñanza y en particular las de evaluación. Esta mirada se requiere no sólo sobre las prácticas de enseñanza y evaluación sino también sobre los distintos sujetos que se incluyen dentro de la misma. Cómo esos principios se trasladan a la vida social, cómo ayudan a la toma de decisiones, cómo nos acercan a los otros y quiénes son esos otros. Mencionamos la dimensión epistemológica porque es la que nos permite reflexionar sobre las características conceptuales que sustentan nuestras prácticas de evaluación, ¿qué evaluamos? Cuáles son los rasgos de los conocimientos que generamos, cómo se construyen, cuáles son sus relaciones, a qué construcciones nuevas habilitan. Qué relación guardan con lo “enseñado”. Cómo se comprende construye y gestiona el conocimiento pensando en el aprendizaje.

Enunciamos la dimensión pedagógico didáctica porque nos permite repensar nuestros modos de evaluación, para que ellos no sólo formen parte del proceso de enseñanza, sino que guarden coherencia con el mismo y, fundamentalmente, con los perfiles profesionales de las carreras en las que trabajamos: ¿cómo evaluamos?, cuáles son los métodos, los instrumentos.

La evaluación es una práctica educativa que requiere ser analizada, conceptualizada y llevada a cabo desde diferentes perspectivas. Para definir una práctica de evaluación hay que tener en cuenta diferentes dimensiones constitutivas. Estas dimensiones no se han definido desde la arbitrariedad sino desde una larga experiencia histórica, científica y profesional.

En la literatura referida a evaluación y en la propuesta de la autora, se han señalado mediante preguntas algunas dimensiones sobre las que hay que definirse a la hora de evaluar: ¿cómo se define la evaluación?, ¿cuáles son sus funciones?, ¿cuáles son los sujetos y objetos a los que se aplica la evaluación o qué es lo que se evalúa?, ¿qué clase de información será preciso recoger para tipos de objetos a evaluar?, ¿qué criterios deberían pensarse para juzgar el mérito y el valor de un objeto determinado?, ¿a quién debería servir la evaluación?, ¿cuál es el proceso que deben seguir las evaluaciones?, ¿qué técnicas e instrumentos deben utilizarse para evaluar?, ¿quién debe ser el responsable de la evaluación?, ¿qué estándares podrían servir para juzgar la calidad de una evaluación?

De alguna manera, esta revisión teórica intenta responder a estas preguntas para poder generar desde un cambio conceptual, una cultura de la evaluación y de la autoevaluación, coherentes con el modelo de enseñanza-aprendizaje que se viene proponiendo y que sea capaz de responder a la problemática que la evaluación presenta hoy en la universidad.

### **3. PERSPECTIVAS CONCEPTUALES SOBRE LA EVALUACIÓN COMO PROCESO CONTINUO**

A continuación, analizamos algunas premisas que ayudan a definir la evaluación educativa:

1- La evaluación es un proceso sistemático de búsqueda y compilación de información. No es algo improvisado y, por ello, se necesita conocer y prever las diferentes dimensiones, planificar las fases en que se va a realizar, tener en cuenta qué se está evaluando, proveer los recursos necesarios, construir o seleccionar los instrumentos adecuados, decidir quiénes son los agentes de la evaluación, etc. (Camilloni [6]).

2- Toda evaluación implica un juicio de valor. No basta con recoger sistemáticamente y de manera adecuada la información. La misma ha de ser analizada e interpretada para juzgar el valor de unos aprendizajes, de una institución, de unos programas, etc. Pretendemos decantarnos sobre el valor y el mérito de aquello que estamos evaluando. Y no lo hacemos arbitrariamente sino sobre la base de una información bien recogida. En la literatura especializada Santos Guerra [7] habla de cuasievaluaciones, que son aquellas evaluaciones que pueden plantear problemas interesantes, pueden utilizar incluso metodologías adecuadas, pero tienen una perspectiva demasiado estrecha o abordan asuntos tangenciales a la hora de juzgar el valor o el mérito de algo. No les interesa emitir un juicio o no disponen de unas referencias para ello.

3- Toda evaluación está orientada a la toma de decisiones. La evaluación ha de tener alguna utilidad. La evaluación no acaba en sí misma, es un medio, no es un fin. La utilidad puede ser diversa: impulsar la reflexión, comprender un fenómeno, valorar unos aprendizajes, informar a

alguien sobre lo que está haciendo y cómo lo está haciendo, tomar decisiones entre alternativas u opciones diferentes, solucionar problemas sobre la responsabilidad, mejorar o perfeccionar algún programa, Institución, práctica profesional, etc.

Analizando conjuntamente la emisión de un juicio de valor y la toma de decisiones, hay que manifestar que son dos aspectos o dimensiones diferentes, que adjudicar un valor no significa tomar decisiones, la misma persona o grupo puede efectuar las dos tareas o que diferentes personas o grupos pueden hacerse cargo de las dos responsabilidades.

La dimensión formativa requiere de un proceso continuo que no necesariamente significa agregar instancias evaluativas, sino considerar que lo importante es constatar

- lo que aprenden los alumnos (conocimientos, habilidades)
- el nivel de comprensión alcanzado
- su motivación para el aprendizaje
- la capacidad para transferir lo aprendido, evalúa el presente y el futuro, ayuda a corregir errores, orienta y consolida lo que se hizo bien.

En relación al tiempo asignado a la evaluación debe tenerse en cuenta que velocidad y talento no necesariamente van de la mano. Es necesario darles el tiempo suficiente para evaluar a los alumnos.

Hablar de proceso requiere una evaluación inicial, el objetivo es ver si los alumnos reúnen los prerrequisitos necesarios para que se dé el aprendizaje. Situación de la cual tenemos la responsabilidad de hacernos cargo.

En su finalidad diagnóstica, buscamos detectar las causas de los errores u omisiones que pueden darse por: casualidad o azar, por distracción, pueden ser errores sistemáticos, errores conceptuales o de procedimiento (sistemáticos o no).

Y lo que conocemos como instancia sumativa que se cierra con una calificación, pero su intención es que el estudiante y el docente han podido construir a lo largo del proceso.

Es importante realizar con los alumnos feedforward (proalimentación) en lugar de feedback o retroalimentación. Dar una devolución predictiva, hacia adelante. Cuando el trabajo aún no está terminado, sino que se está realizando, cuando el aprendizaje se está construyendo. Dar oportunidades para mejorar, orientar al alumno, no calificar prematuramente. No responder por él, darle tiempo. No afirmar que un trabajo es fácil si para el alumno presenta dificultad.

Necesidad de que el aprendizaje no sea efímero, buscar su perdurabilidad y por esta razón valora el proceso continuo.

Se debe evaluar el nivel de: rendimiento en la tarea, comprensión respecto a sus progresos, el nivel metacognitivo de comprensión, de autoeficacia.

Para realizar la evaluación continua debe definirse:

- El tiempo: cuándo evaluar, con qué frecuencia para que se haga de modo continuo.
- Cantidad de puntos señalados
- Modalidad
- A quién va a estar dirigida
- Cómo se realizará la comparación: evaluación según criterios / normas / ipsativa (de un estudiante consigo mismo: antes y después)
- Tener en cuenta la claridad
- Definir la especificidad (aspectos generales, puntos específicos, impresión general)
- Discriminar entre aprendizajes visibles e invisibles.

#### **4. LAS ASIGNATURAS INTEGRADORAS EN NUESTROS PLANES DE ESTUDIO**

Las materias integradoras de nuestros planes de estudio en las carreras de Ingeniería tienen por objetivo introducir al alumno en el ámbito de la ingeniería Industrial, desde el comienzo de sus estudios. Constituyen el enlace directo con las materias básicas, que en algunos casos no presentan aplicaciones directas a la ingeniería sino un recurso intermedio para llegar a un resultado práctico. Ello hace que el alumno recién descubra la utilidad de la enseñanza básica cuando cursa materias de la especialidad.

Para llenar este vacío, se comienza desde el principio con la demostración de la necesidad y utilidad de esos conocimientos básicos y su aplicación a problemas específicos de carácter simple en el ámbito ingenieril.

Una vez terminada la etapa básica, las mismas materias de especialidad, desempeñan el papel de integradoras para culminar la carrera con el denominado Proyecto Final, que será un trabajo final de Ingeniería que tendrá objetivos directamente ligados con el campo profesional que el futuro egresado elija. El objetivo de este trabajo es que el alumno detecte un problema de ingeniería en una organización concreta y pueda proponer posibles alternativas de solución con las herramientas que fue incorporando a lo largo de la carrera.

Las asignaturas integradoras están estructuradas por niveles como todo el resto lo cual algunas veces resulta difícil establecer la articulación horizontal por lo complejo que resulta la propuesta de niveles en el cursado y la aprobación de la formación Universitaria.

Es necesario que el trabajo en las asignaturas integradoras tenga el apoyo de un equipo, conducido por los responsables de las asignaturas. Que tengan una estrecha relación con las asignaturas paralelas, que aportan el nivel de conocimiento y práctica científico, técnico y social; para que juntos integren la solución a los problemas que se van proponiendo. Asimismo, debe ser fluida la relación secuencial con el nivel siguiente, colaborando así en la integración vertical y la coherencia de toda carrera.

## **5. PRIMEROS RESULTADOS**

A partir de los lineamientos teóricos expuestos y en el marco de un proyecto de investigación que nos congrega, realizamos diferentes relevamientos en el ámbito de la facultad, con el objetivo de detectar las diferencias en las modalidades de evaluación y su impacto en el rendimiento académico. El análisis se realizó en dos momentos: antes y después de la entrada en vigencia del nuevo Régimen de Estudios.

En esta oportunidad y para compartir y debatir nuestra experiencia, acotamos el alcance a las materias que forman el tronco integrador de la carrera de Ingeniería Industrial con información consignada en planificaciones docentes. Focalizamos el estudio en el ítem Evaluación analizando los siguientes aspectos: momentos, actividades, instrumentos, regularidad y promoción.

El recorte temporal comprende los años 2016 y 2017, destacando que 2017 fue el primer año en el que formalmente se trabajó con evaluación continua, ergo, los resultados obtenidos son los primeros de esta nueva experiencia.

En lo que respecta a la cantidad de alumnos y su situación a la finalización del cursado la fuente consultada fue el Departamento Alumnado de nuestra casa de estudios. Es necesario aclarar que en UTN, el cursado tiene carácter obligatorio y a la finalización del dictado de la asignatura, los estudiantes que cumplieron los requisitos establecidos en la planificación docente, obtienen la condición de alumno regular. A su vez, los que superen las instancias previstas para la evaluación continua –también consignada en la planificación–, promocionan la asignatura sin necesidad de asistir a un examen final -denominada Aprobación Directa en el punto 7.2.1 de la Ordenanza CS-. Bajo este enfoque, los datos suministrados refieren a alumnos inscriptos, regulares y aprobados (sin especificar nota obtenida en la promoción).

Comenzando por la materia del primer ciclo, los mayores cambios se produjeron en fijar una cantidad preestablecida de monografías para obtener la regularidad y, en cuanto a la promoción se cambió un examen final mixto con temas del programa para acceder a un coloquio sobre el trabajo final a una aprobación directa con parciales (nota mínima 60%) más la presentación y exposición de trabajo final. Mientras que en 2016 el porcentaje de alumnos que obtuvieron la regularidad fue de un 89% y los promocionados, 81%; en 2017 estos porcentajes disminuyeron entre 3 y 4 puntos, a 86% y 77% respectivamente.

En el segundo nivel, los instrumentos bajo la forma de coloquios, guías de observación, listas de cotejo o control, etc., se acotaron a un número preestablecido: se determinó una cantidad de monografías y se agregaron instancias de evaluación parciales para poder obtener la promoción directa, complementadas de la ya consignada presentación y exposición del trabajo final. Bajo estas modalidades de evaluación, en 2016 el 95% de los estudiantes obtuvo la condición de regularidad y el 58% aprobó la asignatura. En el primer año de vigencia de la evaluación continua, se mantuvo el porcentaje de alumnos regulares, pero cambió significativamente el nivel de aprobación aumentando a un 87%.

La integradora del tercer año incorporó dos parciales teóricos prácticos -con una instancia recuperatoria- como condición para obtener la regularidad, los que a su vez se convierten en instrumentos para la aprobación directa. Esta modalidad reemplazó a un examen final de práctica escrita y teórica oral o escrita con la totalidad de los contenidos del programa que arrojó, en 2016 porcentajes de regularidad y promoción de 92 y 33% respectivamente. En el primer año del nuevo régimen, subió 4 puntos (a un 96%) la relación inscriptos/regulares pero disminuyó al 26% el nivel de aprobación.

Ya en el cuarto nivel, la asignatura de tronco integrador incorpora como actividad el debate sobre criterios para abordaje de temas y como instrumentos, agrega dos parciales con una instancia recuperatoria, dando posibilidad de acceso a la aprobación directa mediante la ponderación de trabajos prácticos, proyecto final con exposición oral y los mencionados parciales. En este caso, se evidencia un marcado cambio en los porcentajes de promoción: en 2016, del 100% de alumnos regulares solo aprobó el 2%, dada la baja asistencia de estudiantes que obtuvieron la citada condición, a exámenes finales. Como información adicional, parece oportuno comentar que un alto porcentaje de los alumnos regulares se presentaban a examen en el primer turno (mayo) del año inmediato siguiente. En 2017 con un nivel muy cercano de regularidad (98%) se evidenció un significativo aumento en el rendimiento académico: el 40% de los alumnos regulares obtuvo la promoción por aprobación directa.

Como la asignatura que integra el tronco integrador en el último año es el Proyecto Final de Carrera, entendemos que no corresponde su análisis, dadas las características y particularidades de la materia con la cual se accede al título de grado.

Finalmente, es de destacar que todas las planificaciones consignan la modalidad de promoción en el caso de no obtener la aprobación directa, bajo la modalidad de un examen final escrito o escrito y/u oral con los contenidos del programa y escasos matices diferenciadores según la materia.

Para facilitar la lectura, la Tabla 1 refleja el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 1. *Primeros resultados en Asignaturas Integradoras UTN FRSF*

Nivel (año de cursado según Plan de Estudios)	2016		2017	
	Regulares (sobre inscriptos)	Aprobados (sobre regulares)	Regulares (sobre inscriptos)	Aprobación directa (sobre regulares)
Primero	89%	81%	86%	77%
Segundo	95%	58%	95%	87%
Tercero	92%	33%	96%	26%
Cuarto	100%	2%	98%	40%

## 6. CONCLUSIONES PRELIMINARES

A partir de los resultados obtenidos en esta primera etapa, se concluye que las cátedras ya tenían previstas en sus planificaciones, elementos / instrumentos / actividades concordantes con la evaluación continua e incorporaron como elementos complementarios, las instancias evaluativas parciales.

En lo que respecta al rendimiento académico, del análisis se desprende que los porcentajes de alumnos que realizan/superan las actividades previstas para obtener la condición de alumno regular, se mantienen sin mayores cambios en términos relativos, pero en dos de las asignaturas analizadas, el cambio en el porcentaje de aprobación es más que significativo. Es de destacar que en las otras dos materias que conforman el tronco integrador, la disminución en el nivel de aprobación es del 5% y 22%, indicadores no alarmantes pero que invitan a estudiar las causas, pudiendo adelantarse que en el primer caso se trata del año de ingreso a la facultad, con todos los cambios y desafíos que, sabemos, deben enfrentar los ingresantes. El segundo caso nos conduce reflexionar sobre un momento especial en el recorrido curricular: en el tercer año aparece el afán de “ponerse al día” con asignaturas adeudadas de los ciclos previos en coincidencia con una cantidad importante de asignaturas que componen este nivel en Ingeniería Industrial. Y como elemento adicional, aparecen con mayor intensidad los temas de la especialidad pudiendo interpretarse como un momento de readaptación en la forma de estudiar y revisar la planificación del recorrido curricular.

La evaluación continua supone exigencias que significan incorporar una mayor cantidad de instancias de evaluación –entre otras actividades- durante la cursada, impactando en una reorganización de los tiempos para evitar resultados adversos.

Tal como mencionamos durante el desarrollo del trabajo, la entrada en vigencia del nuevo Régimen de Estudios es reciente y en consecuencia, se están comparando grupos de diferentes cohortes en una misma asignatura no siendo posible hasta dentro de unos años, realizar un estudio longitudinal. Por el momento, tampoco puede incorporarse un tratamiento estadístico de datos por entender que la existencia de una sola comisión por asignatura no lo amerita. De todos modos, pensamos que es conveniente contar con resultados preliminares en determinados rangos, a la ausencia de información.

Sin dudas, este avance responde a una etapa de transición por la que estamos recorriendo alumnos y docentes y de la cual pretendemos detectar fortalezas a mantener y debilidades a revertir en un futuro inmediato.

## 4. REFERENCIAS.

- [1] CAMILLONI, A. (2017) Conferencias sobre evaluación de los aprendizajes. Universidad Tecnológica Nacional.
- [2] CAMILLONI, A. (2015) Conferencia a 30 años del CBC.
- [3] Ley Nacional de Educación 26206/06 y Reforma de la ley de Educación Superior 27204/15.
- [4] PÉREZ LINDO, A. (2010) *¿Para qué educamos hoy? Filosofía de la educación para un nuevo mundo*. Buenos Aires, Biblos.
- [5] ORDENANZAS Consejo Superior N° 1549, 1566, 1567. (2016) Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires
- [6] CAMILLONI, A. R., CELMAN, S.; LITWIN, E. y PALOU DE MATE, C. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires. Paidós.

- [7] SANTOS GUERRA, M. A. (2003). *“Paradojas de la Evaluación”*. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado (AUFOP).

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo agradecen al Dr. Alfonso Giménez Uribe, la Prof. Lucía Virasoro, Secretaria de Ingeniería Industrial y Dto. Alumnado de la UTN, FRSF.



# Prácticas sociales para la formación de ingenieros industriales de triple impacto

Cattaneo, Luciano; Zelaya, Sebastian; Vaquer, Sabrina; Baziuk, Pedro Alejandro

*Facultad de Ingeniería, Instituto CEDIAC, Universidad Nacional de Cuyo.  
Centro Universitario–CC405-M5502KFA–Mendoza–República Argentina,  
pbaziuk@fing.uncu.edu.ar*

## RESUMEN

Este artículo presenta las experiencias de enseñanza, aprendizaje y desarrollo profesional en prácticas sociales educativas en entornos comunitarios realizadas desde el 2015 en proyectos de extensión, con la participación de casi un centenar de estudiantes de ingeniería industrial. Tradicionalmente se pensaría que este tipo de prácticas no tienen pertinencia en la carrera de ingeniería industrial fuertemente orientada, en la mayoría de las facultades de la región, a lo empresarial/industrial. Sin embargo, los graduados de esta carrera tienen un papel crucial en el desarrollo social y económico del país que los lleva a ejercer su profesión no sólo en empresas, sino en instituciones y entes gubernamentales, donde la toma de decisiones requiere de una gran consciencia social y conocimiento real del territorio, generando un triple impacto: social, ambiental y económico. Más aún, las experiencias realizadas demuestran la importancia en la formación de los estudiantes, fortaleciendo los aprendizajes y desarrollando habilidades de trabajo en equipos multidisciplinarios, habilidades comunicacionales, así como el ejercicio de valores morales y éticos, poniéndose en juego empatía, liderazgo y compromiso social.

**Palabras Claves:** Innovación, cambio tecnológico, transiciones socio-tecnológicas, desarrollo endógeno.

## ABSTRACT

This article presents the experiences of teaching, learning and professional development in educational social-practices in community environment, carried out since 2015 in extension projects, with the participation of almost a hundred industrial engineering students. This type of practice is traditionally considered with no relevance in the career of industrial engineering strongly oriented, in most of the faculties of the region, to the business / industry. However, the graduates of this career have a crucial role in the social and economic development of the country that leads them to practice their profession, not only in companies, but in institutions and government entities, where decision-making requires a great social awareness and real knowledge of the territory, generating a triple impact: social, environmental and economic. Furthermore, the experiences carried out demonstrate the importance in the formation of students, strengthening learning and the development of skills in multidisciplinary teams, communication skills, as well as the exercise of moral and ethical values, putting at stake empathy, leadership and social commitment.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las experiencias de la división de Sistemas Tecnológicos Complejos del Instituto CEDIAC (Instituto de Capacitación Especial de Ingeniería Asistida por Computadora - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo - UNCuyo) en la línea de transiciones tecnológicas energéticas en las comunidades del secano de Lavelle (Provincia de Mendoza) demuestra la importancia de un cambio de paradigma en la visión del cambio tecnológico.

El mundo moderno, extremadamente globalizado y de acelerado ritmo de innovaciones tecnológicas sostiene contemporáneamente la cultura local como fuente de identidad y de desarrollo sostenible. Es entonces necesario en este contexto repensar las bases conceptuales y prácticas de la extensión de las ingenierías en el secano, siendo una de las herramientas a emplear el dialogo de saberes entre los integrantes de la comunidad y los actores externos.

Es por ello necesario, en tanto actores técnicos y motores de esas transiciones tecnológicas, pasar de la “gestión tecnológica” como paradigma de competitividad y calidad, a un enfoque sistémico en el que se evidencien y atiendan los factores socioculturales en los procesos de apropiación de tecnología, que posibilitan o entorpecen esos procesos. En definitiva, el desafío mayor consiste en fortalecer la comunidad a la vez que favorecer su desarrollo.

Este enfoque puede sostenerse desde el paradigma del desarrollo endógeno en el que el proceso de innovación y apropiación de tecnología está gestado por las comunidades locales y acompañados por los actores externos que comprenden y evalúan las dimensiones socioculturales que intervienen en el proceso, a la vez que poseen la expertiz tecnológica que suele ser escasa en contextos poco vinculados con el ámbito urbano.

De esta forma, los actores externos que participan e impulsan los cambios tecnológicos en las comunidades deben propiciar la consolidación de la propia comunidad a través del fortalecimiento de los lazos internos, hacia lo local y de forma participativa. Esto plantea diferencias con un modelo exógeno, en el que se trata de aminorar los impactos negativos que tienen los cambios tecnológicos impuestos externamente.

Para la presente investigación se utilizará el enfoque sistémico, abordando los sistemas energéticos del secano como sistemas socio-tecnológicos refiriéndose a la interrelación entre lo social (personas y sociedad) y lo técnico (máquinas y tecnología) como fenómeno emergente. La teoría socio-técnica se basa en dos principios fundamentales: (1) la interacción entre factores sociales y técnicos crea las condiciones de éxito o fracaso del desempeño del sistema; (2) la optimización de los sistemas sociotecnológicos tiende a incrementar las interacciones impredecibles, no diseñadas y no lineares entre dichos factores.

El presente trabajo se enfocará en el área de las transiciones socioenergéticas, la cual forma parte de los variados cambios sociotecnológicos que acontecen en las sociedades contemporáneas. El fundamento de esta área de acción e investigación se sostiene en dos procesos diferentes pero confluyentes a nivel global y que involucran acciones de política pública así como investigación a gran escala.

En primer lugar, existe consenso respecto de que la insostenibilidad de las formas actuales de desarrollo y la inestabilidad social, política y económica que se está produciendo y produciría debido a distintos desafíos que provienen de directa o indirectamente de la acción humana, particularmente debido al mega fenómeno del cambio climático.

Contemporáneamente y por otro lado, ha habido destacados esfuerzos para mejorar la situación de millones de personas para que, distribuidas en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo, mejoren sus condiciones materiales y culturales de vida y logren superar la pobreza, particularmente la energética. Ambos fenómenos han sido abordados a partir de organizaciones e iniciativas variadas a nivel global, fundamentalmente en el seno de organizaciones que pertenecen al sistema de Naciones Unidas. Particularmente, el cambio climático se ha tratado en el contexto de la Convención Marco para el Combate del Cambio Climático y en los protocolos y negociaciones producidas en su seno. Respecto de la pobreza energética, las políticas y desarrollos al respecto han sido sostenidos particularmente bajo el paraguas conceptual y político de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y, recientemente, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## **2. ANTECEDENTES**

La presente investigación se basa en los resultados de cuatro proyectos de extensión titulados: (1) “Concientización y sensibilización sobre la sustentabilidad, eficiencia y autoabastecimiento energético en las comunidades del secano mendocino” (2015), (2) “Enlazando Sueños” (2016), (3) “Transiciones socio-energéticas en el Secano de Lavelle” (2017) y (4) “Transiciones sociotecnológicas: agua y energía. De las tierras secas a las tierras altas”. Estos proyectos, evaluados y financiados en el programa de articulación social e igualdad de oportunidades de la UNCuyo, se desarrollaron en la comunidad Huarpe de El Retamo “Elías Guaquichay” ubicada en la zona conocida como el secano mendocino (Departamento Lavelle, Distrito San Miguel), ver Figura 1, y coordinados por profesores de la Facultad de Ingeniería de dicha Universidad. Desde febrero del 2018, hasta agosto del 2019, se desarrolla un nuevo proyecto de extensión titulado

“Transiciones sociotecnológicas: de las tierras secas a las tierras altas”, en el que se propone continuar con las prácticas socio-educativas en la zona del secano y replicar el modelo de acompañamiento de transiciones tecnológicas concebido para estas circunstancias a la zona de alta montaña de la Provincia de Mendoza.



Figura 1 Puestos del Secano de Lavalle a lo largo de la ruta provincial 51.

El Retamo Elías Guaquinchay es un paraje rural que se encuentra en el centro del distrito de San Miguel, aproximadamente a 4 horas de la ciudad de Mendoza. Limita al Norte con Lagunitas, al Sur con el Forzudo, al Oeste con El Retiro y al Suroeste con La Josefa. En él habitan aproximadamente 80 familias dispersas en toda la zona, muy alejadas unas de otras. En el centro de El Retamo se encuentra la escuela, el centro de salud, el destacamento, la casa comunitaria, la radio y cuatro almacenes dentro de las viviendas de sus propietarios. Las familias que viven en el centro cívico pueden abastecerse de luz eléctrica a través de la red monofilar y de agua potable.

Los puesteros, ubicados en zonas alejadas de la comunidad, actualmente se dedican a la crianza de ganado menor, principalmente caprino. Sin embargo, anteriormente era común el cultivo de trigo o la tenencia de chacras en los puestos. Esto cambió debido a la creciente desertificación causada por la acción humana y cambios climáticos. Las comunidades Huarpes que han habitado la zona desde el periodo colonial aprovechaban el agua que se obtiene de la confluencia de los ríos Desaguadero, Mendoza y San Juan y que abastecieron el reservorio de las lagunas Huanacache. “A fines del siglo pasado se cultivaba trigo, maíz y hortalizas. Todavía en 1945 – época en que se secó la gran laguna Huanacache- los pobladores surtían de pescado fresco a San Juan” [1]. Actualmente, como menciona Abraham [1], la Laguna Huanacache se encuentra totalmente seca debido al aprovechamiento de los ríos para riego de zonas agrícolas –y vitivinícolas- en la ciudad de Lavalle. De esta forma, el río San Juan y Mendoza dejaron de unirse para alimentar al Desaguadero que abastecía la laguna de Huanacache.

Uno de los motivos de la implementación de este proyecto en El Retamo es el estado de aislamiento en que se encuentra esta comunidad, dado por la amplia distancia entre estas y los principales centros urbanos (costa de Araujo, Lavalle, Mendoza), por el mal estado de los caminos (no ripiados) lo que se traduce además en una falta de acceso a servicios de agua potable y electricidad. Anteriormente se mencionó la escasez de agua por el desecamiento de los ríos, por lo que los puesteros no tienen una fuente constante o permanente para abastecer al ganado. El agua subterránea que se extrae a través de pozos- balde o motores a nafta- es salada y con alta concentración de arsénico, por lo que no es apta para el consumo humano. No obstante lo anterior, aquellos puestos que se encuentran a más de 8 km de El Retamo, no les queda más que beber de ella. Por otro lado, la electricidad es necesaria para la mantención de alimentos y medicamentos, entre otras necesidades, pero la red monofilar es de baja potencia y defectuosa, especialmente en periodos lluviosos, donde las familias llegan a estar hasta 15 días sin electricidad. Por tanto, al ser un área con alta luz solar y fuertes vientos, esta disponibilidad hace viable la posibilidad de implementar energías alternativas como la solar y eólica.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología de abordaje de las transiciones socio-tecnológicas consiste en un modelo de acompañamiento para la innovación, apropiación y desarrollo de tecnología, concebido para las comunidades semi-aisladas del secano y aplicado por estudiantes universitarios. Los distintos proyectos han contribuido con los elementos necesarios para el desarrollo del modelo y, al mismo

tiempo, validar su eficiencia en la catalización, promoción y consolidación de cambios tecnológicos sustentables.

De estos proyectos han participado más de un centenar de estudiantes, principalmente de las carreras de ingenierías (86 de ingeniería industrial), pero también de las ciencias sociales: ciencias políticas, filosofía, historia, geografía y sociología; y de las ciencias ambientales: estudiantes de la licenciatura en recursos naturales y renovables.

Se propuso que los estudiantes se dividieran en equipos multidisciplinarios y que a cada grupo así conformado se le asigne un solo “puesto”, es decir, su espacio de acción será una sola unidad socio-productiva del Secano. De esta forma, cada grupo desarrolla, a través de las distintas instancias de participación, un vínculo afectivo y cultural con los miembros de ese “puesto”. Este vínculo es la base de desarrollo del proyecto porque permite el doble diálogo entre la manifestación de necesidades/soluciones por parte de los pobladores y el compromiso y responsabilidad por parte del grupo de estudiantes.

En cada equipo de trabajo hay un “promotor tecnológico”, estudiante de ingeniería con cierta experiencia que se encarga de promover, catalizar, orientar y rescatar ideas y propuestas de los puesteros para el desarrollo o apropiación de tecnología para la solución de problemas. Para esta función cuenta con la colaboración de tres o cuatro “observadores-impulsores tecnológicos”: estudiantes de los primeros años de ingeniería. También hay un “impulsor creativo”, estudiantes de diseño y arquitectura, que acompañan la tarea tratando de despertar la creatividad y originalidad en las posibles soluciones. Por último, es importante también la presencia de un “observador socio ambiental”, estudiante de ciencias sociales y afines, que se encarga de relevar impresiones, orientar los diálogos, mediar la comunicación y ser el sistematizador de las experiencias del grupo.

El equipo así conformado se encarga de promover, orientar y acompañar la aparición de núcleos de desarrollo endógeno en los puesteros visitados, despertar la iniciativa y la creatividad de los pobladores para encontrar soluciones a los problemas que plantearon. Se busca que los pobladores tomen conciencia e identifiquen aquellos aspectos de su vida cotidiana, en especial aquellos relacionados con sus actividades productivas, que percibe como insatisfactorios, inaceptables, como problemáticos; aquellos aspectos que reconocen como perturbadores, limitantes u obstaculizadores del modo de vida al cual aspiran, ubicando esas necesidades y los recursos disponibles o por obtener [2]; y promoviendo fuertemente la creatividad e inventiva para afrontarlos.

Se plantea la extensión tecnológica universitaria como estrategia de cooperación en el desarrollo; cuyos fundamentos científicos, filosóficos, teóricos y metodológicos deben atender a una visión que integre la educación técnica, la extensión universitaria y, desde el punto de vista científico, el desarrollo endógeno como promotor de la innovación y la transferencia de tecnología. En este sentido también se actualiza el concepto de autonomía universitaria, como indica Fernández Lamarra [3]: es un modo de vincularse con el Estado y la sociedad, se trata de despegarse del poder político para poner la universidad al servicio de las necesidades sociales. Así mismo, se destaca la responsabilidad social universitaria como dimensión de esa autonomía: cuáles son los aportes de la universidad para la transformación social en virtud de las necesidades e intereses de su entorno, del país y de la sociedad en la que inscribe. La serie de proyectos analizados en el presente artículo, han dado inicio a un programa de investigación sobre transiciones tecnológicas, realizando interesantes aportes al conocimiento con una clara orientación al desarrollo social y económico regional.

En primer lugar, se ha propuesto abordar el aspecto social de los procesos de innovación y apropiación de tecnología, como un complejo entramado de “dimensiones”, que facilitan u obstaculizan la transición tecnológica (presentado en el II Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, 2016, Bariloche, Río Negro; y en las Jornadas Internacionales de Energías Alternativas, 2017, Mendoza, Argentina). Lejos de una medición cuantitativa de factibilidad, este análisis tratará de evidenciar las principales características socioculturales de las comunidades del secano a partir de las experiencias realizadas y que orientan la toma de decisiones en proyectos de transiciones energéticas. Como primera dimensión, se ubica la experiencia de la comunidad. La misma se refiere a la calidad y cantidad de contactos que la comunidad tuvo con transiciones socio-tecnológicas, particularmente aquellas orientadas por actores que provienen de fuera de la comunidad. Otra dimensión fundamental que se desprende de la experiencia con las comunidades del secano lavallino es la comunicabilidad. En este sentido, se entiende la capacidad de la comunidad de entender los significados e implicancias de los distintos aspectos de las transiciones socio-tecnológicas, lo cual tiene consecuencias directas en la facilitación u obstaculización de estos proceso de cambio. La configuración socioeconómica también es fundamental para dar una respuesta al problema de investigación. Se procura entender de qué modo las particularidades del ordenamiento familiar y productivo actúan en la adopción de nuevas tecnologías. Cohesión social es otra de las dimensiones que se percibe como fundamental. El grado de cohesión se entiende entre dos posiciones extremas, o sea entre el individualismo y el comunitarismo. La dimensión valorativa

también es central para esta investigación. El análisis de estas dimensiones socio culturales permitirá establecer una línea de base para futuras transiciones tecnológicas en el secano.

Otro aporte novedoso, desde el punto de vista científico, es la adaptación del modelo de barreras e impulsores al contexto de las transiciones socio-energéticas en el secano de Lavalle (presentado en el 12vo Encuentro Internacional Ciencias de la Tierra, 2017, Mendoza, Argentina). Sintéticamente, tales barreras e impulsores giran en torno de las siguientes preguntas ¿Qué (1) obstáculo/facilitador representa para quién (2) para alcanzar qué (3) en materia de transiciones socio-energéticas? Este análisis permitió identificar los actores externos involucrados en el proceso, asociados a 19 barreras externas y 17 factores impulsores externos. De la misma manera se identificaron los actores internos, 24 barreras internas y 13 factores impulsores internos, con su caracterización, el nivel del proceso en donde se manifiestan y el grado de influencia.

Finalmente, y quizás el aporte más sustancial, es la concepción, desarrollo y validación de un modelo de acompañamiento para la innovación, desarrollo y transferencia de tecnología, cuyo objetivo es orientar y consolidar la transformación de las ideas de los pobladores en proyectos de innovación, desarrollo y apropiación de tecnología (ver Figura 2). Esto se relaciona directamente con la sostenibilidad de los procesos de transformación socio-tecnológica planteados, demostrando la premisa de que los procesos guiados por las necesidades y saberes locales tienden a radicarse de modo más duradero en el territorio, ya que los cambios tecnológicos incluyen pero no giran solamente en torno a artefactos o tecnologías de gestión.

En las experiencias realizadas, el cambio tecnológico no hubiera sido estable y sostenido en el tiempo, si no hubiera partido de la búsqueda de soluciones conjuntas y si no se hubiera establecido las redes entre actores internos y externos que dieran continuidad a la modificación tecnológica. Al mismo tiempo, si el “artefacto” promovido no hubiera coincidido con los usos y costumbres locales, difícilmente se establecería una transición sustentable como los numerosos ejemplos de “anti-ingeniería” que se evidencian en la zona.



Figura 2 *Transiciones socio-tecnológicas: acompañamiento para la Innovación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología* [11].

#### **4. INNOVACIÓN Y CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA FORMACION DE INGENIEROS INDUSTRIALES**

La visión clásica de los procesos de transición tecnológica se basa en la llamada “gestión tecnológica”. Este paradigma toma la innovación tecnológica, permanente y acelerada, como elemento de carácter estratégico indispensable para el aumento de calidad y competitividad. De esta forma, la gestión tecnológica se ocupa de la “implementación y difusión” de la tecnología en las organizaciones; de conducir el proceso de innovación, a través de investigación y desarrollo;

de “apalancar” recursos humanos, tecnológicos y otros activos; de asegurar que la tecnología sea utilizada como instrumento para el logro de los objetivos de la organización [5]. Este paradigma aporta valiosa información acerca de lo que podría llamarse “cultura de apropiación de tecnología” por parte de una empresa, sector, comunidad o país. No obstante, sólo permite analizar la cinética y no la dinámica de estos procesos, es decir, cómo y no por qué suceden los procesos de apropiación de tecnología.

Dicho en otros términos, la gestión de la tecnología podría concluir que determinado sector tiene una marcada tendencia a realizar innovaciones de tipo incremental y por adopción, mediante la importación de tecnología a empresas internacionales [5], explicando cómo las empresas del sector realizan sus cambios tecnológicos. Sin embargo este paradigma no observa las causas subyacentes de ese fenómeno.

Pareciera que este modelo es el más adecuado para un mundo globalizado y de gran competencia, no obstante, las comunidades locales suelen escapar a esa lógica. Más aún, el desarrollo sustentable y amigable con el medio ambiente implicaría respetar las interconexiones entre desarrollo tecnológico, apropiación de esa tecnología, medio ambiente y sociedad.

En contraposición surgen los agotados modelos paternalistas y asistencialistas que, sin embargo, demostraron no poder solucionar los problemas que aquejan a comunidades como las del secano y no propiciaron la con responsabilidad de los ciudadanos.

Una posición intermedia podría ser el llamado “desarrollo endógeno” que “hibrida las fortalezas de las localidades y regiones, combinadas con las ineludibles determinaciones de un mundo global” [6]. El desarrollo endógeno (Vásquez, 1999, citado en [6]) “puede entenderse como un proceso de crecimiento económico y cambio estructural por la comunidad local, utilizando el potencial de desarrollo que conduce a la mejora del nivel de vida de la población”. Este paradigma defiende la fortaleza que poseen las regiones o localidades y asegura que los niveles local y regional son los más adecuados para la innovación y el desarrollo autodeterminado (Martirena, 2003, citado en [6]).

Esto viene acompañado del surgimiento de una nueva visión del desarrollo, que otorga a los productores, sus organizaciones y sus comunidades, la responsabilidad central y protagónica, colocando al Estado en un rol subsidiario o facilitador, centrado en la creación de oportunidades de acceso a bienes y servicios [7].

La innovación permanente es una de las principales estrategias empresariales modernas, así como el sustento material y simbólico de gran parte de los procesos socioeconómicos contemporáneos. Esto da lugar a una gran vinculación productiva de la ciencia y la tecnología, especialmente en los países desarrollados. En Latinoamérica un elemento crucial para la innovación son las acciones que tradicionalmente se han dado en llamar “extensionismo” [7]: transferencia de tecnología, promoción de nuevas tecnologías, capacitación a los productores y asistencia técnica para mejorar el desempeño productivo se consideran tradicionalmente los ejes de un servicio de extensión. No obstante, “destaca el grado de desvinculación productiva de la ciencia y la tecnología” [7] de los países de Latinoamérica comparados con Estados Unidos o España, entre otros ejemplos posibles.

A pesar de la importancia de la innovación y su demostrada eficacia en otras economías, la idea de la necesidad de que el productor cambie de actitud y adopte las innovaciones producidas por la ciencia está basada en las teorías conductistas del desarrollo elaboradas por Eisenstadt, Hoselitz, Hirschman [8]. Es un modelo básicamente lineal y unidireccional: la información se origina en los investigadores, luego llega a los extensionistas y a través de ellos a los productores [7]; el objetivo es aumentar los rendimientos, no hay realimentación ni construcción conjunta de las soluciones.

Un interesante enfoque propuesto en México promueve sostener las actividades de extensión desde una visión de redes de innovación. Según este novedoso enfoque, “la producción de conocimiento es interdisciplinaria y multidisciplinaria, caracterizada por un flujo permanente de lo teórico a lo aplicado y viceversa; la organización suele ser transitoria en virtud de los cambios en la problemática a resolver” [7].

Las redes de innovación incluyen [7]: (1) un agente catalizador (institución, productor o investigador); (2) una cultura colectiva que valora la innovación y la colaboración entre los miembros de la red; (3) conexiones con fuentes externas de información (a menudo, fuentes internacionales) y, (4) un mínimo de capacidad para identificar, generar y adaptar información.

Así se pasa de una visión únicamente enfocada a la eficiencia productiva, a un modelo que incluye factores sociales y culturales que acontecen en el cambio tecnológico, no sólo en las comunidades semi-aisladas del secano, sino en cualquier ambiente empresario o institucional. En este contexto, mientras que los factores humanos, sociales y culturales que intervienen en las transiciones son determinantes y su análisis es en extremo relevante para el modelado de las mismas, los análisis en este campo han sido menos contundentes y numerosos que en otros temas asociados.

En este sentido, es necesario que los ingenieros industriales y estudiantes de ingeniería industrial, en tanto actores técnicos y motores de esas transiciones tecnológicas, pasen de la “gestión tecnológica” como paradigma de competitividad y calidad, a un enfoque sistémico en el que se

evidencien y atiendan los factores socioculturales en los procesos de apropiación de tecnología, que posibilitan o entorpecen esos procesos.

El modelo está fuertemente vinculado con las actividades productivas locales. En el caso del secano es la cría de ganado caprino. En el caso de alta montaña es la actividad turística. No obstante los cambios tecnológicos trascienden las fronteras de lo comunitario para posicionarse transversalmente en instituciones y empresas. Los acelerados cambios tecnológicos provocan grandes modificaciones en los tipos de trabajos y en los ambientes laborales. Se espera que más del 50% de los trabajos tradicionales desaparezcan en los próximos años. Esto afectará a una gran parte de la población que deberá ser acompañada en su transición a nuevos entornos laborales. Los ingenieros industriales tienen un papel crucial en el desarrollo social y económico del país que los lleva a ejercer su profesión no sólo en empresas, sino en instituciones y entes gubernamentales, donde la toma de decisiones requiere de una gran consciencia social y conocimiento real del territorio, generando un triple impacto: social, ambiental y económico.

Adicionalmente, la participación en las transiciones tecnológicas desde el modelo propuesto provoca cambios actitudinales ya sea desde el actor externo que acompaña el proceso como desde el actor interno que lo experimenta. El cambio tecnológico no hubiera sido estable y sostenido en el tiempo, si no hubiera partido de la búsqueda de soluciones conjuntas y si no se hubiera establecido las redes entre actores internos y externos que dieran continuidad a la modificación tecnológica. Al mismo tiempo, si el “artefacto” promovido no hubiera coincidido con los usos y costumbres locales, difícilmente se establecería una transición sustentable como los numerosos ejemplos de “anti-ingeniería” que se evidencian en la zona.

## **5. ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y DESARROLLO DE INGENIEROS INDUSTRIALES**

La educación es el proceso de culturización por medio del cual el ser humano se desarrolla para poder vivir en sociedad: “La educación es el mecanismo evolutivo específico de la especie humana y, por lo tanto, el mecanismo de la especie para lograr un dominio de su propia evolución” [9]. El desarrollo necesario para vivir hoy en sociedad no es el mismo que hacen 40 o 50 años, y eso demuestra el papel evolutivo de la educación. Como podemos evolucionar a través de la modificación de los procesos educativos, de la inclusión de nuevos objetivos, etc. La educación además nos permite orientar ese proceso educativo ¿nos tomamos, como docentes universitarios, en serio esa responsabilidad? ¿pensamos alguna vez que estamos orientando la evolución de la especie humana si cambiamos el aprendizaje memorístico de las tablas de multiplicación por el uso de la calculadora?

La educación se dirige inevitable e inherentemente a la influencia, determinación y provocación de procesos de desarrollo. Es decir, no basta con producir aprendizajes, lo importante es producir aprendizajes que encajen con los procesos de desarrollo, que aumenten a su vez la capacidad de aprender en el estudiante.

Otra dimensión importante del desarrollo, surge de la pregunta ¿qué entienden los jóvenes por su propio desarrollo? En una encuesta a la generación del milenio se les preguntó cuáles eran sus metas más importantes en la vida, y más del 80 % dijo que una meta importante para ellos era hacerse ricos. Y otro 50 % de esos mismos adultos jóvenes dijo que otra meta importante era ser famosos. Entonces, los jóvenes, estarían dejando de lado el desarrollo intelectual, la integración de las propias emociones y sentimientos y la importancia de la calidad de las relaciones con los otros. Más importante entonces es hacer énfasis en esta tercera parte de la educación: el desarrollo.

El punto de partida es, entonces, el cambio de paradigma de la enseñanza-aprendizaje a la enseñanza-aprendizaje-desarrollo (en la tabla 1 se sintetizan los paradigmas educativos y sus implicancias):

“La educación consiste en el esfuerzo por articular procesos de enseñanza, aprendizaje y desarrollo. El problema reside en como producir una enseñanza que redunde en aprendizajes, y como producir aprendizajes que redunde en desarrollo. Ejercer actividad pedagógica implica necesariamente desarrollar una estrategia para lograr tal articulación.” [9]

*Tabla 1 Evolución de los paradigmas educativos.*



	<u>CONDUCTISMO</u>	<u>INNATISMO</u>	<u>CONSTRUCTIVISMO</u>
<i>Autores</i>	Watson, Pavlov, Skinner	Chomsky	Piaget, Vygotsky, Bruner, Ausubel, Mead, Freud
<i>Aprendizaje</i>	Resulta de la asociación que se produce por la intervención del refuerzo Estímulo– Respuesta. Aprender significa lograr cambios observables y medibles de la conducta.	- Proceso secundario (a procesos de desarrollo y maduración de estructuras innatas) - Énfasis en proceso internos por fenómenos que suceden dentro del individuo.	- Resulta de un proceso de construcción y reconstrucción de sus propias estructuras mentales. - Énfasis en procesos internos
<i>Desarrollo</i>	Se reduce a lo que ellos llaman aprendizaje.	Se produce esencialmente gracias a un proceso de maduración de estructuras innatas.	Gira en torno a la construcción de estructuras y procesos mentales por parte del mismo sujeto
<i>Sujeto del Aprendizaje</i>	- Caja negra/tabula rasa: un organismo vacío, una piedra la cual el escultor modela desde afuera. - Pasivo frente a la estimulación activa del medio ambiente.	Nace con ciertas estructuras que son posteriormente sometidas a un proceso de maduración.	Construye su conocimiento, lo va generando, partiendo de estructuras cognitivas más simples, a otras más complejas
<i>Rol del docente</i>	Protagónico: conduce, guía, instruye, entrega el saber	Facilitador, orientador, intermediario en el proceso.	Facilitador, orientador, intermediario en el proceso. Comparte el saber. El estudiante es el protagonista.

De esta forma, y siguiendo las observaciones de Cecchi y Pèrez [10] respecto de las fortalezas de los proyectos de extensión, los abordajes necesariamente fueron interdisciplinarios y la metodología implicó un aprendizaje holístico, lo cual no sólo mejoró la formación de los estudiantes sino que transformó a la comunidad a través de la educación de sus miembros, para que éstos vayan logrando autonomía en la resolución de sus propios problemas.

Más aún, como destaca Díaz Barriga Arceo [11], en la vida profesional un sujeto no utiliza los conocimientos de una disciplina en forma aislada sino que los problemas que tiene que resolver conducen a la interacción de saberes y habilidades procedentes de diversos campos del conocimiento. En esta modalidad los alumnos fueron co-partícipes en las actividades de aprendizaje; sus opiniones y sugerencias son bienvenidas para repensar asimismo estrategias de extensión.

Al mismo tiempo, los docentes que participaron del proyecto asumieron el rol de tutor guiando al estudiante en sus actividades. El docente también trató de promover, catalizar, orientar y rescatar ideas y propuestas en este caso no del puestero, sino del estudiante que se inquietó, se preocupó, de las necesidades y problemas planteados por el puestero y, quizás, no tiene los conocimientos para resolverlos y deberá explorar las posibilidades tecnológicas.

Una vez manifestadas las necesidades o problemas, y detectadas las posibles soluciones tecnológicas, el desafío fue cómo el equipo de estudiantes orientaría la conversación en su encuentro con el puestero para promover la búsqueda conjunta de soluciones, aportando en el momento adecuado con sus conocimientos tecnológicos, para luego acompañar a los pobladores del puesto en su adopción, gestándose así una transición socio-tecnológica endógena.

Concretamente, el equipo de trabajo comprendió y evidenció el cambio y apropiación de tecnología gestado por las comunidades locales y que su función como actores externos, fue acompañar, catalizar y orientar esos procesos observando y respetando las dimensiones socioculturales que intervienen en el proceso.

Para ello se apreció como herramienta fundamental las técnicas de investigación-acción participativa [2], que debieron ser estudiadas y aplicadas por los miembros del equipo, siguiendo sus principios de carácter participativo/colectivo, de respeto y reconocimiento del otro, socialmente transformador, concientizador y dialéctico.

A través de estas experiencias, los estudiantes adquirieron competencias fundamentales para su desarrollo profesional y personal, entre las que se destacan: (1) capacidad para integrar saberes procedentes de diversos campos del conocimiento necesarios para comprender una situación dada en un contexto similar al profesional; (2) capacidad para trabajar en equipo y así apreciar la construcción colaborativa del pensamiento; (3) conocimiento para organizar y planificar el tiempo;



(4) habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas; (5) habilidad de comunicación escrita y oral.

Un componente pedagógico importante es aquel referido a la enseñanza moral en las distintas instancias de aprendizaje puestas en juego en este proyecto. Por un lado, la instancia de aprendizaje desde el contexto y en el contexto, donde entre otras muchas cosas se pone en evidencia la ética del dialogo y de la responsabilidad. Por otro lado la instancia de aprendizaje con el grupo. Aprender a trabajar en grupos es un objetivo en sí mismo: enseña el valor de la ayuda, del trabajo solidario, del respeto y del consenso ante opiniones diversas y el diseño compartido de propuestas y cursos de acción. Las experiencias de los estudiantes en los equipos de trabajo presentarán un doble desafío: por un lado la interrelación entre disciplinas y lenguajes distintos, y por otro lado, la aplicación de sus conocimientos y la búsqueda de soluciones en una realidad concreta y distinta a la cotidiana. Esto refleja la intencionalidad de educar para la significación, ya que no hay nada más significativo que percibir que lo estudiado y aprendido le sirva a alguien; educar para saber hacer y saber ser: el saber hacer consiste en la aplicación del saber, en cualquier ámbito de la cultura y de la relación social; el saber ser consiste en los valores que sostienen sobre todo el hacer, porque en éste tomamos decisiones y comprometemos a menudo a otras personas.

La educación moral no sólo es aprender a actuar autónomamente con justicia y equidad, sino también las capacidades para entender las actuaciones de los otros, ponerse en su lugar y asumir su causa para avanzar hacia el desarrollo de la empatía hacia los demás. La construcción colectiva de un producto sólo se alcanza cuando se lleva a cabo un trabajo compartido en el que se potencia la posibilidad de realización por este tipo de interacción.

Las prácticas socio educativas desde el paradigma del desarrollo endógeno promueve la transformación del enfoque pedagógico tradicional en dos sentidos: 1) en el rol del estudiante: del estudiante tradicional, pasivo y receptor de la transferencia de conocimientos y en su estadio más avanzado, constructor de sus propias teorías; a un estudiante-facilitador investigador-extensionista; que gestiona soluciones profesionales a problemas sociales, como proceso y producto de su formación; y 2) en los procesos de aprendizaje: de una experiencia meramente cognitiva en la construcción e internalización de conocimientos, a una práctica ejecutora del desarrollo, donde el aprendizaje deja de ser el objetivo de la enseñanza para convertirse en el resultado obligatorio de un proceso de construcción colectiva del desarrollo.

La elaboración e implementación de los diseños curriculares para la formación de profesionales deben tener como uno de los temas centrales de su agenda, el compromiso social con la sociedad, de modo que las Universidades Públicas puedan constituirse como instituciones protagónicas que cooperen para superar las crisis socioeconómicas culturales que aún padecen países de América Latina y El Caribe. Las facultades de ingenierías de las universidades públicas argentinas tienen la capacidad de actuar en temas tan vitales para la economía y el desarrollo social de la población como la innovación y la apropiación de tecnología. En este contexto, la curricularización de las prácticas socio-educativas, que van instrumentándose en algunas Universidades de nuestro país y de la Región, tendrán un alto impacto transformador de la sociedad.

El impacto socio cultural por un cambio tecnológico es un aspecto relegado en la enseñanza de la ingeniería y carreras técnicas. Es necesario formar profesionales atentos de los impactos socio culturales en una época que los mismos se producen de forma vertiginosa e incansable. La verificación in situ de un cambio tecnológico en una comunidad aislada permite evidenciar estos fenómenos.

## **6. CONCLUSIONES.**

El trabajo presenta las experiencias en transiciones tecnológicas en comunidades semi aisladas del secano de Mendoza que, desde el punto de vista pedagógico, la práctica socio educativa no solo implica un trabajo interdisciplinario de campo donde se aprende en y del contexto y el intercambio de saberes, sino también una reflexión crítica del contexto social, cultural y político de los diferentes sistemas donde se encuentran insertas las poblaciones abordadas y los propios observadores.

Los miembros del equipo introdujeron los conocimientos propios de su ciencia, de sus técnicas y estrategias y los miembros de la comunidad aportaron el de su historia, de sus problemas, de los hechos vividos, de su saber tradicional, de sus ideas, propuestas y ocurrencias. Se trató de problematizar, generar nuevas ideas, emancipar, relacionarse de manera dialógica y horizontal, integrar educación, investigación y acción. La realidad existe porque es construida, reconstruida y destruida de innumerables formas cada día. La finalidad última es el desarrollo de la ciudadanía, la conciencia social y la transformación de las circunstancias de vida.

Las prácticas socio educativas desde el paradigma del desarrollo endógeno promueve la transformación del enfoque pedagógico tradicional en dos sentidos: 1) en el rol del estudiante: del estudiante tradicional, pasivo y receptor de la transferencia de conocimientos y en su estadio más avanzado, constructor de sus propias teorías; a un estudiante-facilitador investigador-

extensionista; que gestiona soluciones profesionales a problemas sociales, como proceso y producto de su formación; y 2) en los procesos de aprendizaje: de una experiencia meramente cognitiva en la construcción e internalización de conocimientos, a una práctica ejecutora del desarrollo, donde el aprendizaje deja de ser el objetivo de la enseñanza para convertirse en el resultado obligatorio de un proceso de construcción colectiva del desarrollo.

Se plantea la extensión tecnológica universitaria como estrategia de cooperación en el desarrollo; cuyos fundamentos filosóficos, teóricos y metodológicos deben atender a una visión que integre la educación técnica, la extensión universitaria y el desarrollo endógeno como promotor de la innovación y la transferencia de tecnología.

La elaboración e implementación de los diseños curriculares para la formación de profesionales deben tener como uno de los temas centrales de su agenda, el compromiso social con la sociedad, de modo que las Universidades Públicas puedan constituirse como instituciones protagónicas que cooperen para superar las crisis socioeconómicas culturales que aún padecen países de América Latina y El Caribe. Las facultades de ingenierías de las universidades públicas argentinas tienen la capacidad de actuar en temas tan vitales para la economía y el desarrollo social de la población como la innovación y la apropiación de tecnología. En este contexto, la curricularización de las prácticas socio-educativas, que van instrumentándose en algunas Universidades de nuestro país y de la Región, tendrán un alto impacto transformador de la sociedad.

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] Abraham, E. (1979). "Estudio Antropológico del nordeste árido de Mendoza". *Serie Científica*, p. 24-28.
- [2] Montero, M. (2006). *Hacer para transformar. El método de la Psicología Comunitaria*. Paidós. Argentina.
- [3] Fernández Lamarra, N. (2010). "La Universidad Latinoamericana en el marco de su autonomía." *X Congreso Internacional Retos y Expectativas sobre la Universidad Pública Latinoamericana*. Guadalajara, México.
- [5] S. Rincón y N. Mujica, «Diagnóstico de la gestión tecnológica en las empresas del sector metalmeccánica del estado Zulia,» *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 9, nº 1, 2003.
- [6] Colina, B.; Rojas, T. (2008). "Redes de innovación socio productivas en el desarrollo endógeno: caso Las Peonías". *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 14, nº 2, p. 286 - 306.
- [7] Aguilar Ávila, J.; Reyes Altamirano, J.; Rendón Medel, R. (2010). *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- [8] Sánchez de Puerta, F. (2004). "Agroecología, desarrollo, comunicación y extensión rural: La construcción de un paradigma ecosocial en Iberoamérica". *Comunicación, ruralidad y desarrollo: Mitos, paradigmas y dispositivos del cambio*. INTA. Buenos Aires. p. 251-263.
- [9] Molina, V.; Prieto Castillo, D. (1997). *El aprendizaje en la Universidad*. Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- [10] Cecchi, N. H.; Pérez, D. A. (2014). "Enseñar y aprender "en" y "de" la comunidad. Aproximación conceptual sobre el valor de Prácticas Sociocomunitarias". *VIII Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria y de Nivel Superior*. Rosario, Argentina.
- [11] Díaz Barriga Arceo, F. (2006) *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. McGraw-Hill Interamericana, Argentina.

# Productos Vectoriales: Interpretación geométrica con Geogebra

Florencia M. Alurralde, Ing. José V. Giliberti\*, Ing. Ignacio Ruiz Collivadino

*Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA). Facultad de Ingeniería,  
Universidad Nacional de Salta (UNSa). Argentina*

*Avenida Bolivia 5150 – Salta Capital – 4400  
florencialurralde@gmail.com, gilijv@gmail.com, ignaciogd\_89@hotmail.com*

## RESUMEN

Este trabajo forma parte de un proyecto del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA) sobre la integración de las TIC en la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA). Es el relato de una experiencia realizada con estudiantes cuyo objetivo fue contribuir a un aprendizaje significativo de un concepto cuya interpretación geométrica, es trabajosa e importante a la vez. Al estudiar álgebra vectorial y particularmente el producto vectorial, se presentan ciertas dificultades que afectan el aprendizaje de los estudiantes, entre ellas encontrar una significación geométrica que ayude a la comprensión del tema y, cuando sea posible, poder visualizarla. Esta visualización no resulta sencilla cuando se trabaja en el espacio tridimensional con el doble o el triple producto vectorial, lo que genera alguna dificultad para apreciar de manera clara que el resultado de los mismos se puede expresar como combinación lineal de los factores. Teniendo en cuenta esta problemática y hacer algún aporte al respecto, se aprovechó la característica del software Geogebra para realizar gráficos en tres dimensiones y su dinamismo, para realizar una experiencia de Aula-Taller con dos grupos de alumnos de dos comisiones de práctica. La experiencia consistió en realizar actividades sobre los productos vectoriales: simple, doble y triple, de manera que las mismas permitieran a los estudiantes obtener una correcta interpretación geométrica, mejorar la comprensión y visualización del tema, otorgando de esta manera significado a su aprendizaje, lo que se evidenció en el entusiasmo puesto por los alumnos en la realización de las actividades, así como en las opiniones expresadas por los alumnos al finalizar la experiencia.

**Palabras Claves:** Producto vectorial, Interpretación geométrica, Visualización, Geogebra.

## ABSTRACT

This paper is part of a project undertaken by the Research Council of the National University of Salta (CIUNSA) on the integration of ICT into the course Linear Algebra and Analytical Geometry (ALGA). It is an account of an experience carried out with students under the aim of contributing to a meaningful learning of a concept whose geometric interpretation is both challenging and essential. When studying vector algebra, particularly vector product, certain difficulties arise that hinder learning, namely finding a geometric meaning that helps understand the topic and, when possible, visualize it. Double vector product and vector triple product pose particular visualization difficulties that prevent students from clearly appreciating that their results can be expressed as a linear combination of factors. Taking such an issue into account, and aiming to make a useful contribution, the software GeoGebra was used to draw three dimensional graphs, and its dynamic feature enabled the organization of a classroom-workshop with students from two different practice classes. The experience consisted on exercises in simple, double and triple vector products to lead students towards a correct geometric interpretation, and towards the improvement of their comprehension and visualization of the topic. Students' enthusiasm during the activities as well as their opinion once the experience had finished evidenced how it had given meaning to their learning of the topic.

## 1. INTRODUCCIÓN

Nuestra tarea como docentes de la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA) se desarrolla y enriquece continuamente, tanto en las estrategias de enseñanza y aprendizaje, como en la identificación de aquellos temas que presentan algunas dificultades para los alumnos en cuanto a su conceptualización, cálculo y aplicación práctica. Uno de ellos es el producto vectorial, en primer lugar, porque los factores que intervienen en el mismo no son números sino vectores de  $\mathbb{R}^3$ , lo que implica una familiarización con el concepto de vector y la geometría espacial; en segundo lugar porque su resultado es un vector que es ortogonal a los dos factores simultáneamente.

Considerando esta problemática, en un intento de contribuir al aprendizaje significativo, y continuando la línea de investigación iniciada sobre la incorporación de las TIC en la enseñanza y aprendizaje del álgebra y la geometría, se realizó un Aula-Taller para trabajar el tema con dos grupos de 35 alumnos cada uno pertenecientes a dos comisiones de práctica de ingresantes a primer año de ingeniería, que cursaron la asignatura en 2017. Se debe aclarar aquí que el tema a tratado se desarrolla después del primer parcial instancia en la cual las comisiones ya no son demasiado numerosas.

En la realización de la experiencia se utilizó el software Geogebra versión 5.0.294.0 como herramienta integradora. La elección se fundamentó fundamentalmente en que es un software libre y está disponible en múltiples plataformas (Windows, Mac, Android). Además en su flexibilidad para realizar cálculos de manera sencilla (de forma similar al trabajo con papel y lápiz), ofrecer una visualización adecuada en la vista gráfica 3D y posibilitar la una exploración dinámica frente a la variación de elementos.

## 2. MARCO TEÓRICO

En el área matemática del nivel medio educativo se estudian conceptos cuya representación y visualización puede hacerse con facilidad en dos dimensiones que son perpendiculares entre sí. El agregar una dimensión adicional y que a su vez sea simultáneamente ortogonal a las dos anteriores resulta en una dificultad a salvar para el estudiante que ingresa a las carreras de ingeniería. La situación empeora, a veces, cuando los objetos con los que se realizan las operaciones son vectores.

Los alumnos de álgebra y geometría en los primeros cursos universitarios, tienen mayores dificultades en la comprensión de situaciones de la geometría espacial. La interpretación geométrica de las operaciones entre vectores, y cualquier concepto derivado de esto, se dificulta cuando se presenta en el espacio ( $\mathbb{R}^3$ ), Schilardi, Repetto, Segura y León [1].

Reflexionar sobre cómo se concibe el proceso de enseñanza-aprendizaje es importante ya que esta concepción es la que guía la elección de la metodología para desarrollarlo. Una mirada constructivista puede considerar a este proceso como un conjunto de situaciones que surgen entre los conocimientos del docente y del estudiante que generan discusión, oposición y diálogo cuyo producto es una síntesis significativa denominada aprendizaje (interacción dialéctica). Existe un contexto específico que afecta a ambos participantes y determina tanto al proceso como a la forma en la que el mismo se lleva a cabo por la existencia de condicionamientos de tipo biológicos, psicológicos, sociales, económicos y culturales entre otros, Ortiz Granja [2].

Cuando el estudiante se enfrenta a un problema matemático debe reconstruir su conocimiento como resultado de la reflexión sobre las condiciones del problema planteado, así puede reestructurar su conocimiento mediante una reorganización de las estructuras en un nivel más elevado, donde el nuevo conocimiento es asimilado. Por lo tanto, en este marco teórico es muy importante ayudar a los alumnos a que construyan las estructuras apropiadas en el aprendizaje de nuevos conceptos.

En la enseñanza constructivista el aprendizaje humano es una construcción interior, aunque el docente acuda a una exposición magistral, ésta no puede ser significativa si sus conceptos no encajan en los conceptos previos de los alumnos y entre los requerimientos necesarios para potenciar la enseñanza constructivista este autor menciona el propiciar las condiciones para que el estudiante sea partícipe del proceso de enseñanza-aprendizaje, de la planeación, selección de las actividades, las consultas de fuentes de información, etc, Ramírez Toledo [3].

Es recomendable que la incorporación de los recursos tecnológicos como complemento de la enseñanza tradicional en el ámbito universitario se haga paulatinamente y poniendo énfasis en la importancia de los procesos de visualización, que permite la asimilación de conceptos abstractos en base de imágenes o representaciones que las TIC proporcionan, Sánchez Rosal [4].

“El uso de GeoGebra puede proporcionar un entorno para la exploración activa de estructuras matemáticas a través de múltiples representaciones, o para mostrar a los estudiantes algunos aspectos de las matemáticas que no son posibles con la pluma y el papel”, Orozco Rodríguez [5].

Los resultados obtenidos de una encuesta sobre geometría dinámica en entornos hipertexto realizada en un trabajo de tesis de maestría de muestran que los materiales didácticos hipertextuales tuvieron una valoración positiva por parte de los docentes participantes en la

investigación. Las razones fueron que facilita la visualización en  $\mathbb{R}^3$  y la necesidad de que los alumnos visualicen las representaciones gráficas de los objetos tridimensionales. En este sentido debe admitirse que las limitaciones en las representaciones realizadas a mano alzada durante la clase pueden ser superadas con las posibilidades que brindan los programas de computación, Del Río [6].

### 3. METODOLOGÍA

Buscando contribuir al logro de un aprendizaje significativo de los productos vectoriales (simple, doble y triple) mediante la exploración y visualización de dichas operaciones en el espacio se realizó un aula-taller en la cual se utilizó el software de geometría dinámica Geogebra como herramienta mediadora.

En primer lugar se elaboró una guía de actividades pensada para profundizar y reforzar la definición de producto vectorial y algunas de sus propiedades, el doble producto vectorial y su expresión como combinación lineal y finalmente como extensión-integración de lo anterior el cálculo del triple producto vectorial. Paralelamente, con Geogebra, se crearon cuatro archivos denominados Actividades\_1,2,3 y 4 como soporte para desarrollar dicha guía.

Para trabajar en el aula-taller se solicitó a los alumnos que trajeran instalada en sus netbook o sus celulares una versión del software que incluya la vista 3D.

La experiencia se llevó a cabo en horario extra clase de la asignatura, con la participación de tres docentes y dos grupos de alumnos de dos comisiones de trabajos prácticos de 35 alumnos cada uno.

A modo de organizador previo se comenzó con un breve repaso de las definiciones y las propiedades de los diferentes productos entre vectores y las maneras de calcularlos.

A continuación se entregó la guía de actividades y los archivos complementarios a cada alumno. La guía se estructuró en cuatro partes cuyos objetivos fueron:

- Repasar la definición de producto vectorial, su cálculo y su interpretación geométrica.
- Verificar algunas propiedades y aplicar la Regla de la mano derecha para determinar el sentido del producto vectorial.
- Calcular el doble producto vectorial y expresarlo como combinación lineal.
- Integrar los conceptos anteriores en el cálculo del triple producto vectorial y visualizar su interpretación geométrica.

La guía de actividades fue la siguiente:

Actividad N° 1

- Abrir el archivo Actividad\_1.ggb
- Ingresar las componentes de los vectores  $u$  y  $v$  a través de los deslizadores.
- Determinar su producto vectorial  $w = u \times v$ .
- Determinar el ángulo  $\alpha$  entre  $u$  y  $v$ ,  $\beta$  entre  $w$  y  $u$  y  $\gamma$  entre  $w$  y  $v$ .
- Determinar los valores de  $|u|$ ,  $|v|$ ,  $|w|$ ,  $|u| \cdot |v| \cdot \text{sen } \alpha$ .
- Determinar el área del paralelogramo de lados  $u$  y  $v$ .

Responder las siguientes preguntas:

- ¿El resultado del producto vectorial es un escalar o un vector?
- ¿Cuál es la dirección de  $w$  en relación a  $u$  y  $v$ ?
- ¿Qué relación existe entre  $|w|$  y el área del paralelogramo de lados  $u$  y  $v$ ?

Actividad N° 2

- Abrir el archivo Actividad\_2.ggb
- Ingresar los vectores  $u$  y  $v$  mediante la Barra de tareas.
- Determinar el producto vectorial  $s = u \times v$ .
- Determinar el producto vectorial  $t = v \times u$ .
- Ingresar  $u$  y  $v = -u$ . Calcular  $u \times v$ .
- Ingresar  $u$  y  $v = ku$  con  $k \in \mathbb{R}$ . Calcular  $u \times v$ .

- Ingresar  $r = \alpha u$  y  $s = \beta v$  con  $\alpha \in \mathbb{R}$  y  $\beta \in \mathbb{R}$ . Calcular  $r \times s$ .

Responder las siguientes preguntas:

- ¿Cómo son los sentidos de  $s$  y  $t$ ?
- ¿Es conmutativo el producto vectorial? Justifique
- ¿Cuándo el resultado del producto es el vector nulo?

- ¿Será cierto que  $(\alpha u) \times (\beta v) = \alpha \cdot \beta \cdot (u \times v)$ ?

Actividad N° 3

- Abrir el archivo Actividad\_3.ggb
- Ingresar los vectores  $A = (1, 2, 0)$ ,  $B = (0, -1, 1)$  y  $C = (-1, 1, 0)$ .
- Determinar los productos vectoriales  $E = A \times B$  y  $F = E \times C$ .
- Determinar el valor de las expresiones  $M = (C \circ A) \cdot B$  y  $N = (C \circ B) \cdot A$ .
- Calcular la diferencia  $L = M - N$ .
- Escribir  $(A \times B) \times C$  como combinación lineal de  $A$  y de  $B$ .
- Repetir los pasos anteriores con otros tres vectores arbitrarios.

Responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué relación existe entre el doble producto vectorial y  $L$ ?
- ¿Qué significa lo obtenido anteriormente?
- ¿Cuáles son los escalares que hacen verdadera la igualdad en este caso?
- ¿Se verifica el resultado para otros tres vectores arbitrarios?

Actividad N° 4

- Abrir el archivo Actividad\_4.ggb
- Siendo  $A$ ,  $B$ ,  $C$  y  $D$  vectores arbitrarios de  $\mathbb{R}^3$ , obtener la expresión para el cálculo del triple producto vectorial  $(A \times B) \times (C \times D)$  utilizando las igualdades:
  - $U \times (V \times W) = (U \circ W) \cdot V - (U \circ V) \cdot W$
  - $(U \times V) \times W = (W \circ U) \cdot V - (W \circ V) \cdot U$
- ¿Qué conclusiones puede obtener del inciso anterior?
- Utilizando propiedades del producto vectorial y del producto mixto verificar que las dos expresiones obtenidas en a) son equivalentes.
- Utilizando el software Geogebra verificar las conclusiones obtenidas en b) para los vectores  $A = (1, 2, 0)$ ,  $B = (0, -1, 1)$ ,  $C = (-1, 1, 0)$  y  $D = (2, -1, 1)$

#### 4. DESARROLLO

La primera parte se realizó con el archivo Actividades\_1 como complemento.

Luego de abrir el archivo cada alumno ingresó mediante deslizadores las componentes de dos

vectores denominados  $u$  y  $v$  visualizándolos en la vista gráfica 3D. Seguidamente en la barra de

entrada ingresó la expresión para calcular su producto vectorial y obtuvo el vector resultante  $w$  tanto en la vista algebraica como en la gráfica 3D.

Con el comando Ángulo calcularon los ángulos entre cada uno de los vectores. Esto permitió apreciar que el resultado del producto es un vector ortogonal a los dos que se multiplican.

Con el comando Longitud determinaron los módulos de cada uno de los vectores. Con estos

resultados y los del apartado anterior calcularon luego el valor de la expresión  $|u| \cdot |v| \cdot \sin \alpha$ . Esta actividad permitió establecer la relación existente entre el módulo y la expresión calculada.

Con ayuda de la herramienta Vector equipolente se construyó el paralelogramo que tiene por lados  $u$  y  $v$ . Se observó así que el módulo del producto vectorial es igual al área del paralelogramo.

Finalmente respondieron las preguntas de la guía referidas a estas actividades.

A modo de ejemplo se presenta a continuación la captura de imagen del archivo Actividades\_1.

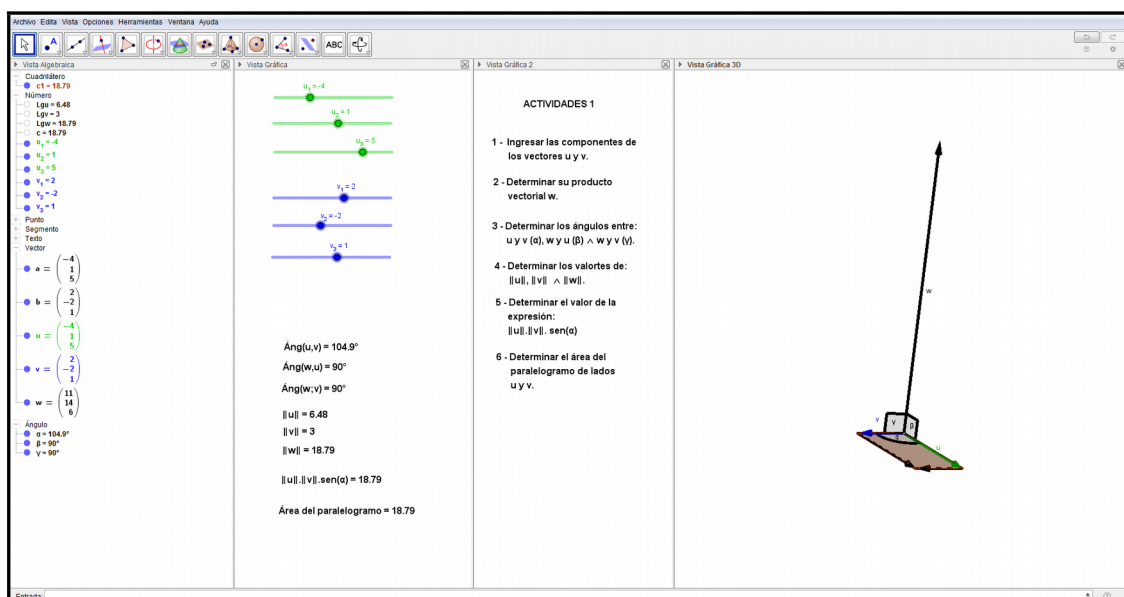


Figura 1 Captura de pantalla del archivo Actividades\_1

La segunda parte se realizó con el archivo Actividades\_2 como complemento.

Luego de abrir el archivo cada alumno ingresó mediante deslizadores las componentes de dos vectores arbitrarios denominados  $u$  y  $v$ . A continuación en la barra de tarea se ingresó la expresión para el cálculo del producto  $s = u \times v$ . Se hizo lo propio para el cálculo del producto  $t = v \times u$ . Esto permitió visualizar que los vectores obtenidos tienen las mismas componentes en valor absoluto pero sus sentidos son opuestos, verificando al mismo tiempo que el producto vectorial es anticonmutativo. Nuevamente mediante los deslizadores se modificó las componentes del vector  $v$  hasta obtener el vector opuesto de  $u$  y una vez más se calculó el producto  $u \times v$  mediante la barra de tareas. Para explorar otras posibilidades se cambió las componentes de  $v$  de manera que el mismo sea un múltiplo escalar  $\beta$  arbitrario del vector  $u$  y se calculó nuevamente  $u \times v$ . Éstas actividades sirvieron para verificar la afirmación que el producto vectorial es el vector nulo si y sólo si los factores son colineales. A continuación se modificó las componentes del vector  $u$  para obtener un múltiplo escalar  $\alpha$  del mismo. Se calculó nuevamente  $u \times v$  y se observó lo que sucede con la propiedad de extracción del escalar del producto vectorial  $\alpha u \times \beta v = \alpha \cdot \beta (u \times v)$ . A continuación se muestra la captura de imagen del archivo Actividades\_2.

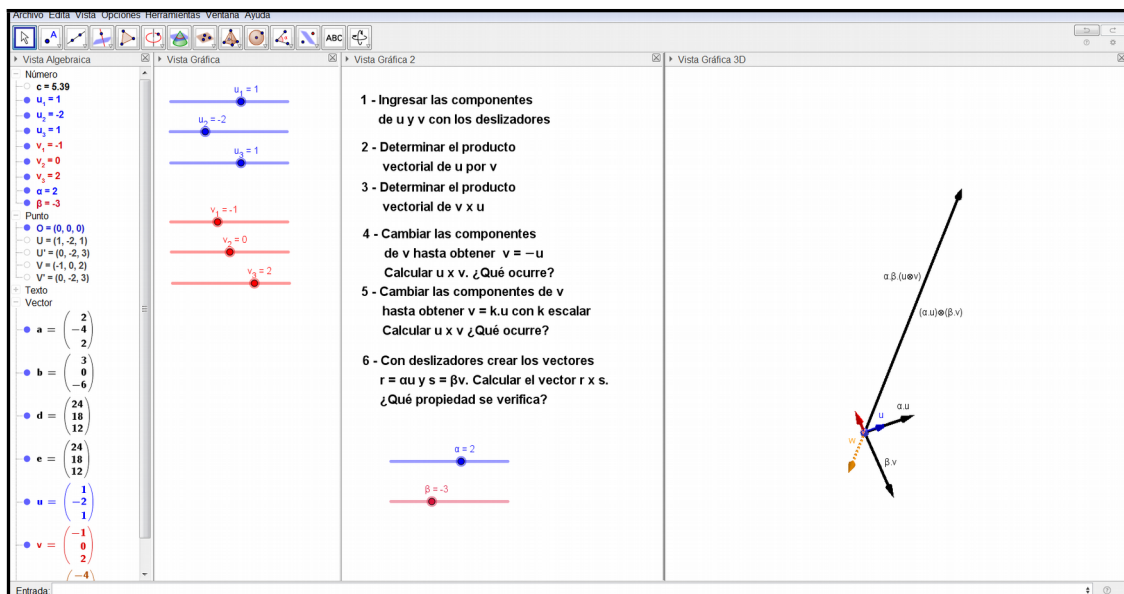


Figura 2 Captura de pantalla del archivo Actividades\_2

Como refuerzo de la Regla de la mano derecha y para aclarar el sentido del producto vectorial se trabajó con el archivo Regla\_de\_la\_mano\_derecha del cual una captura de imagen es la siguiente:

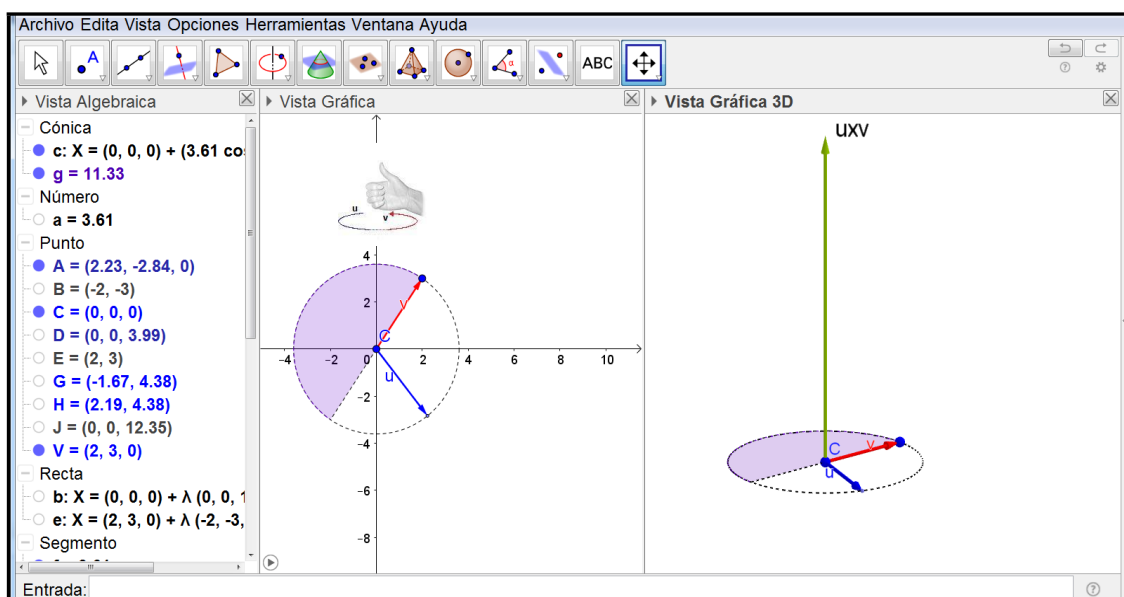


Figura 3 Captura de pantalla del archivo Regla\_de\_la\_mano\_derecha

Como se observa en la ventana correspondiente a la vista gráfica se trata de un archivo que incluye el movimiento de los vectores haciendo que cambie el sentido del producto vectorial según

$u$  adelanta a  $v$  o viceversa.

Respondieron por último las preguntas de la guía referidas a estas actividades.

En la tercera parte se trabajó con el archivo Actividades\_3 como complemento.

Luego de abrir el archivo cada alumno ingresó en la barra de tareas los vectores  $A, B$  y  $C$  indicados en la guía. Con el comando ProductoVectorial se calculó  $E = A \times B$  y  $F = E \times C$ .

Con ayuda del comando ProductoEscalar se calculó  $C \circ A$  y  $C \circ B$ . Esos resultados se multiplicaron luego  $B$  y  $A$  respectivamente, para hacer luego la diferencia de los vectores así obtenidos. Esta actividad sirvió para aclarar el concepto que el doble producto vectorial puede expresarse como combinación lineal, en este caso de los vectores  $A$  y  $B$ .

Se repitió la actividad con otros tres vectores arbitrarios.

Respondieron luego las preguntas de la guía referidas a estas actividades.

A modo de ejemplo se presenta a continuación una captura de imagen del archivo Actividades\_3.



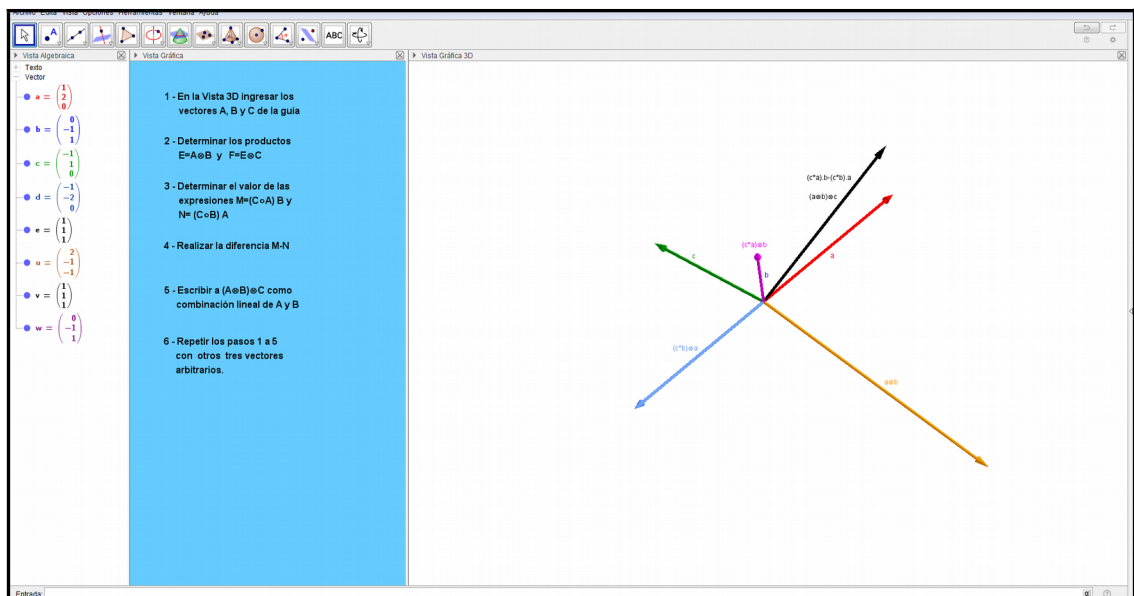


Figura 4 Captura de pantalla del archivo Actividades\_3

Finalmente y a manera de integración de lo desarrollado anteriormente se trabajó con el archivo Actividades\_4 referido al Triple producto vectorial.

Para responder a la primera parte se trabajó de manera tradicional (con papel y lápiz) y luego se recordó la definición de producto mixto, poniendo especial énfasis en la diferencia entre los distintos productos involucrados lo que sirvió para comparar la igualdad de las soluciones y daría respuesta a los incisos b) y c).

En esta parte los alumnos trabajaron, en sus computadoras o celulares, en la verificación mediante Geogebra de la solución obtenida analíticamente de manera casi independiente. Un tiempo después, los docentes a cargo hicieron una exposición, utilizando proyector, para indicar el hecho que ambas soluciones representaban combinaciones lineales diferentes del mismo vector y visualizar la interpretación geométrica del problema desde diferentes ángulos.

A modo de ejemplo se presenta a continuación una captura de pantalla de la exposición realizada.

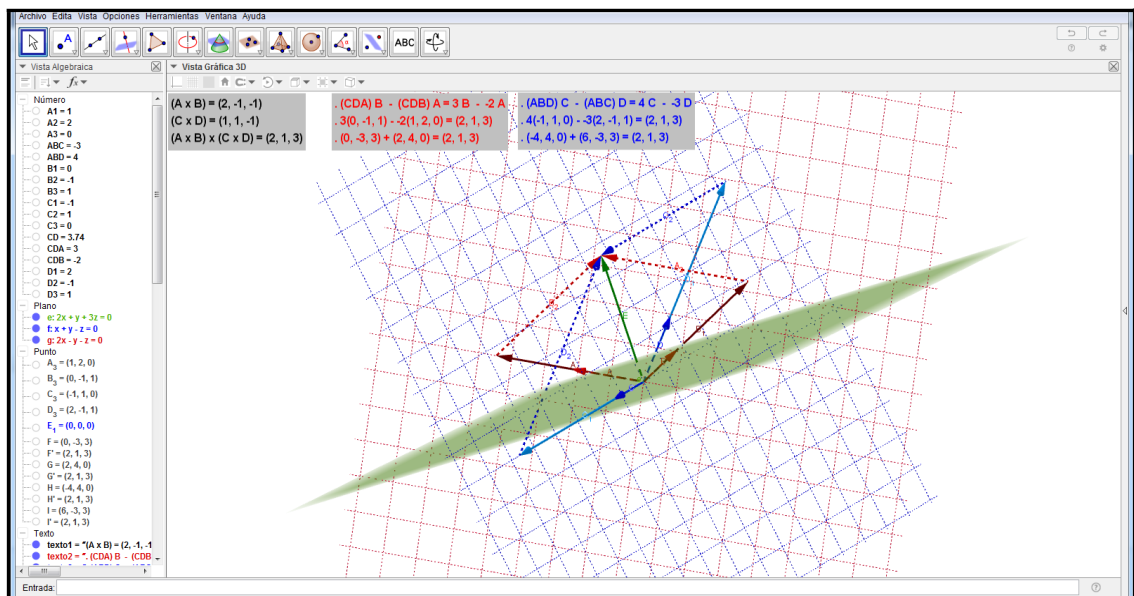


Figura 4 Captura de pantalla del archivo Actividades\_4

Como cierre del aula-taller de dos horas de duración, los docentes solicitaron a los estudiantes que expresen en voz alta sus opiniones acerca de la metodología empleada y la valoración del soft como herramienta para la interpretación geométrica del tema.

### 3. CONCLUSIONES

Se debe mencionar aquí que a pesar de estar trabajando hace ya algunos años con Geogebra como herramienta enriquecedora en la exploración, visualización y verificación de los conceptos

desarrollados, su empleo todavía es poco valorado por los alumnos, lo que nos debe impulsar a dar una mayor y mejor formación con respecto a su empleo y sus beneficios.

Los estudiantes participaron activamente de la experiencia lo que les ayudó a lograr una mejor interpretación geométrica y visualización del triple producto vectorial. Cada uno de ellos pudo ver desde diversos ángulos y posiciones la verificación de las propiedades del producto vectorial, construyendo así un aprendizaje más completo (imposible de hacer con lápiz y papel) y significativo.

Se observó que el 67% de los alumnos que participaron del aula-taller, obtuvo al momento de evaluar el tema (segundo parcial), una nota promedio superior a la de aquellos que no lo hicieron.

Por otra parte el 80% manifestó que esta experiencia les resultó muy interesante y beneficiosa para la comprensión del tema, ya que se trata de un tema teórico que en general aprenden de memoria, pero con esta metodología le pueden encontrar un significado al concepto de combinación lineal.

La mayoría de los inconvenientes que enfrentaron se relacionó al el uso básico del software y de orden técnico, pero resolubles.

Sugirieron, por último, trasladar la experiencia a otros temas teóricos.

#### 4. REFERENCIAS

- [1] Schilardi A., Repetto L., Segura S. y León O. (2017) "Análisis ontosemiótico del estudio de la ecuación vectorial de la recta en  $R^3$  mediante recursos tecnológicos". Segundo Congreso internacional virtual sobre el enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos. Granada. España.
- [2] Ortiz Granja, D. (2015). "El constructivismo como teoría y método de enseñanza". Sophia: colección de Filosofía de la Educación, 19 (2), pp. 93-110. Cuenca. Ecuador. Disponible en [www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf)
- [3] Ramírez Toledo, A. (2012). "El constructivismo pedagógico". Disponible en <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/EI%20Constructivismo%20Pedag%C3%B3gico.pdf>
- [4] Sanchez Rosal (2012). "Incorporación de las TIC en el aprendizaje de las matemáticas en el sector universitario". Revista de Educación Matemática, Unión Matemática Argentina, Vol. 27 (Nº 3), p. 23-28.
- [5] Orozco Rodríguez, C. (2017) "Análisis ontosemiótico del estudio de la ecuación vectorial de la recta en  $R^3$  mediante recursos tecnológicos". Segundo Congreso internacional virtual sobre el enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos. Granada. España.
- [6] Del Río, L. (2017). "Geometría dinámica en entornos hipermedia como facilitadora del aprendizaje de la Matemática". Repositorio Institucional. Comisión de Investigaciones Científicas. Disponible en <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/6598>.

# DE LAS AULAS A LA PROFESIÓN. Situación en la Provincia de Buenos Aires

Crespi Mario Gabriel (\*); Titttonel Marcelo; Williams Eduardo Ariel

*Facultad de Ingeniería, UNLP.*

*1 esquina 47. (1900) La Plata.*

[crespi@ing.unlp.edu.ar](mailto:crespi@ing.unlp.edu.ar); [mtitttonel@ing.unlp.edu.ar](mailto:mtitttonel@ing.unlp.edu.ar); [williams@ing.unlp.edu.ar](mailto:williams@ing.unlp.edu.ar) .

## RESUMEN.

En el presente artículo se efectúa un análisis del derrotero que los profesionales de la ingeniería transitamos desde la obtención del diploma en un ámbito reconocido por las autoridades educativas nacionales, hasta el desarrollo de nuestro ejercicio profesional.

Se realiza un relevamiento de la legislación profesional aplicable en la provincia de Buenos Aires (República Argentina) desde lo concerniente a lo que es un colegio profesional, pasando por los deberes y atribuciones que posee el mismo, hasta arribar a los conceptos de Matriculación y Control del Ejercicio Profesional.

Procede un análisis, siempre desde la legislación antes citada, de cada uno de estos dos conceptos para concluir con la visión referente a que no debería ser ajeno a los profesionales ingenieros la matriculación o no en las instituciones designadas por el estado en las cuales se delegó el poder de policía de la profesión.

De esta manera se puede desarrollar el ejercicio profesional con una suma de beneficios que conllevan, además de ejercer profesionalmente ajustado completamente a derecho, disfrutar del ejercicio de la ingeniería, que en nuestra opinión, no solo es una de las mejores profesiones por desarrollar, sino que está llamada a ser la profesión que puede resolver de manera íntegra e integral los problemas de la sociedad y consecuentemente permitir la mejora del bienestar social.

**Palabras Claves:** ingeniería, ejercicio profesional, matriculación, colegiación.

## ABSTRACT (Resumen en Inglés)

In this paper, an analysis of the course that engineering professionals' transit since the graduation in a well-known environment, recognized by national educational authorities to the development of our professional careers, is performed.

A field study of the professional legislation applicable in Buenos Aires Province (Republica Argentina) is made, taking into consideration what a professional association is. The said field study will consider the duties and attributions that the Professional Association has, until reading the concepts of Enrollment and Professional Practice Control.

This study comes from an analysis of each of those two concepts considering them from the above-mentioned legislation point of view, to conclude with a vision that engineering professionals should be involved into the enrolment or not, in the institution appointed by the state to which professional police power has been delegated.

In this way, professional practice can be developed in agreement to law, with its own benefits. Professional Practice can also be enjoyed, and according to our opinion, it is one of the best professions to be developed. Thus, it is called to be named the profession which can sort out society's problems in an integral and abridged way to finally reach social wellness.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **¿Qué hacemos al obtener el título de ingeniero?**

#### **1.1. Los títulos universitarios.**

El Estado Nacional, mediante leyes que sanciona el Congreso, tiene la atribución de dictar planes de instrucción general y universitaria ... (art.75 inc.18 CN) [1] y crear universidades nacionales .... y otorgar reconocimiento oficial, con validez nacional, a los títulos que expidan. [2]

#### **1.2. Títulos habilitantes**

La obtención de esos títulos habilita en muchos casos, a ejercer actividades profesionales que pueden comprometer la seguridad, la salud, el patrimonio, los derechos, y la libertad de las personas (Ingenieros, Médicos, Abogados, etc.) por lo que es función irrenunciable del Estado fiscalizar que dichas actividades profesionales, a las que ha habilitado, sean debida y regularmente ejercidas.

#### **1.3. Los colegios profesionales**

Ese rol puede desempeñarlo a través de sus dependencias, o delegarlo en Instituciones creadas por el propio Estado, los Colegios y Consejos profesionales, en los que confía sus atribuciones originarias que hacen al contralor del ejercicio de las profesiones.

Los Colegios profesionales son entidades de derecho público no estatal, cuya función es resguardar los intereses de la comunidad, por medio del control del ejercicio profesional.

## **2. EL COLEGIO DE INGENIEROS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

El Colegio es una Institución que funciona con el carácter, los derechos y las obligaciones de las personas de Derecho Público no estatal.

Institución creada en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, para que tenga a su cargo el gobierno de la matrícula de los Ingenieros. (Art. 25) [3] [4].

De acuerdo al Art. 26 de la Ley 10416 y modificatorias tiene los siguientes deberes y atribuciones;

1. Ejercer el gobierno de la matrícula de los Ingenieros habilitados para actuar profesionalmente en el ámbito de la Provincia.
2. Realizar el contralor de la actividad profesional en cualesquiera de sus modalidades.
3. Entender en todo lo concerniente al ejercicio ilegal de la profesión, arbitrando las medidas conducentes para hacer efectiva la defensa de la profesión o de sus colegiados.
4. Ejercer el poder disciplinario sobre sus colegiados y aplicar las sanciones a que hubiere lugar.
5. Dictar su Código de Ética Profesional y su Reglamento Interno.
6. Propiciar las reformas necesarias para el ejercicio profesional.
7. Asesorar a los poderes públicos.
8. Dirimir con autoridades de otros Colegios Profesionales cuestiones vinculadas con el ejercicio compartido de las profesiones.
9. Asesorar al Poder Judicial, acerca de la regulación de los honorarios profesionales.
10. Colaborar con las autoridades universitarias en la elaboración de planes de estudios, estructuraciones de las Carreras de Ingeniería y en todo lo relativo a la delimitación de los alcances de los títulos que emitan.
11. Realizar arbitrajes entre comitentes y profesionales.
12. Ejercer la defensa y protección de sus colegiados en cuestiones relacionadas con la profesión y su ejercicio.
13. Integrar organismos profesionales provinciales y nacionales del país o del extranjero.
14. Defender a los miembros del Colegio; promover el desarrollo social y estimular el progreso científico y cultural, la actualización y perfeccionamiento, la solidaridad, la cohesión y prestigio profesional de sus colegiados.
15. Promover y participar en reuniones, conferencias o congresos.
16. Propender al perfeccionamiento de los beneficios inherentes a la seguridad social de los colegiados.
17. Establecer el monto y la forma de pago de la cuota de colegiación.
18. Fundar y mantener bibliotecas, como así también editar publicaciones de utilidad profesional.
19. Proponer el régimen de aranceles y honorarios para el ejercicio profesional.
20. Realizar toda otra actividad vinculada con la profesión.”

### 3. MATRICULACIÓN Y CONTROL DEL EJERCICIO PROFESIONAL

A partir de lo desarrollado, nos encontramos con dos conceptos que deberían surcar la vida profesional; MATRICULACIÓN y CONTROL DEL EJERCICIO PROFESIONAL.

#### 3.1. Matriculación

Para que los entes colegiales puedan desempeñar acabadamente las funciones de control del ejercicio profesional que se les ha asignado, es indispensable que los profesionales se encuentren inscriptos en sus respectivas matrículas.

De esa forma se permite identificarlos y verificar su habilitación para ejercer, y luego, eventualmente, si transgredieran normas contenidas en el Código de Ética Profesional, instruir la causa pertinente a través del Tribunal de Disciplina e imponerles las sanciones que correspondieren.

Debemos poner en claro que la matriculación profesional NO aparece con la creación de los colegios profesionales.

Cuando el control profesional lo hacia el Estado, previamente a crear la institución colegial, también había que matricularse.

Si el Estado reasumiera la función fiscalizadora, también se mantendría la obligatoriedad de la matriculación.

#### 3.2. Control del Ejercicio Profesional Naturaleza jurídica

El control del ejercicio de las profesiones es un poder propio del Estado provincial (poder NO delegado por la provincia a la Nación). La provincia puede ejercerlo directamente, o delegar esa tarea en otras personas.

En la Provincia de Buenos Aires esa delegación se ha efectuado en el Colegio de Ingenieros.

Podríamos preguntarnos ¿A quién no le cabe el control del ejercicio profesional?

Para muchos profesionales y dentro de ellos para una importante mayoría de matriculados, el Control del Ejercicio Profesional se circunscribe a aquellas únicas tareas que se desarrollan profesionalmente y que requieren asumir, con su firma, la responsabilidad por lo realizado.

Las frases, *“Pero si yo no firmo nada, ¿para que necesito la matrícula?”* o, *“Para lo que yo hago, no necesito estar matriculado”*, muy habitualmente son proferidas hasta con asombro ante el planteo de la necesidad, conveniencia y obligación de encontrarse registrado legalmente en el Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires, para ejercer la profesión que hemos elegido.

Dice la ley provincial N° 10416 que: “se considera ejercicio profesional (trabajar de ingeniero), toda actividad técnica, pública o privada, que importe, conforme a las incumbencias pertinentes, atribuciones para desempeñar las siguientes tareas:

- 1.- El ofrecimiento, la contratación y la prestación de servicios que impliquen o requieran los conocimientos de los ingenieros incluidos en la presente ley.
- 2.- El desempeño de cargos, funciones o comisiones en entidades públicas o privadas que impliquen o requieran los conocimientos propios de los ingenieros incluidos en la presente ley.
- 3.- La presentación ante las autoridades o Reparticiones de cualquier documento, proyecto, plano, estudio o informe pericial sobre asuntos que le sean requeridos.
- 4.- La investigación, experimentación, realización de ensayos, divulgación técnica o científica.”

Podemos apreciar cuan equivocados estamos cuando manifestamos que para hacer lo que hacemos no necesitamos estar matriculados.

La Ley no hace distingo entre la actividad pública y la privada.

De esta forma queda anulada la defensa esgrimida que por trabajar como ingeniero en relación de dependencia en forma privada no requiere estar matriculado.

La segunda acotación que debemos realizar es referida a cuáles son las tareas consideradas propias de la profesión.

En tal sentido la ley define en forma amplia la actividad nuestra: “tareas que impliquen o requieran los conocimientos de los ingenieros.”

Una cuestión un poco más engorrosa es cuando se mencionan las documentaciones que le sean requeridas a los ingenieros y por ende susceptibles de ser suscriptas por él.

Ahí es donde una nueva escapatoria al Control del Ejercicio Profesional pretendemos realizar.

Se argumenta que solo alguna documentación que implique pasar por el poder de policía o control técnico o administrativo de alguna que otra repartición pública debe ser considerada como actividad realizada bajo las consignas del control del ejercicio profesional.

Básicamente se refiere al área civil en su mayoría y algunos casos del área electromecánica.

Sin embargo, dentro de estas mismas áreas hay cuestiones elusivas las que solo pueden ser entendidas en virtud de resultar menor pago de contribuciones o aranceles al fisco provincial, al Colegio mismo y a la Caja de Previsión.

En cuanto a las tareas de investigación, experimentación, realización de ensayos, divulgación técnica o científica, generalmente estas tareas son desarrolladas por profesionales Ingenieros que se desempeñan en Centros de Investigación y Desarrollo dependientes de Organismos Científicos como la CIC (Comisión de Investigaciones Científicas) de la Prov. de Buenos Aires o el CoNICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) o dentro de las Universidades Nacionales mismas.

Aquí la situación se hace mucho más compleja en referencia a si el organismo, para el cual el Ingeniero desarrolla su tarea, pertenece o no al ámbito provincial.

Claramente la CIC si pertenece y CoNICET y Universidades entran en una discusión legal que en virtud de la jurisprudencia podría no tener fin.

No obstante, si esos mismos profesionales dentro del cometido de sus tareas, realizan trabajos para organismos públicos o privados que tienen asiento en la provincia de Buenos Aires (Empresas públicas, empresas privadas, reparticiones públicas provinciales, Municipalidades, justicia ordinaria, etc.), los mismos quedan automáticamente comprendidos dentro de la ley de colegiación y deben atenerse a la misma con los derechos y obligaciones que la misma otorga e impone.

Como podemos apreciar el tema del Control del Ejercicio Profesional de los INGENIEROS, va mucho más allá del simple control de obras clandestinas como muchos suponen.

En ese camino deberíamos estar todos los ingenieros, no solo por indicación legal del poder de policía delegado, sino más bien como producto del profundo y arraigado convencimiento interno.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Muchas veces nos quejamos de que nuestras Instituciones Profesionales (Colegio y Caja) y los profesionales ingenieros mismos no tenemos el gravitante peso y reconocimiento que otras profesiones colegas si han logrado conseguir.

Entonces cabe una reflexión; *“Cuanto hacemos cada uno de nosotros para que esas Instituciones que pretendemos nos representen con fuerza y nos defiendan en nuestros derechos puedan cumplir ese objetivo que nosotros mismos reclamamos?”*.

Seguramente a través de una reflexiva mirada hacia nuestro interior, los ingenieros matriculados o no, encontremos una respuesta contradictoria con nuestros reclamos.

Finalizando creemos importante transmitir a los presentes y futuros colegas algunas reflexiones.

**FELICITACIONES.** Por haber elegido esta profesión que se encuentra en cada una de las cosas de nuestras vidas.

Le energía, la vivienda, los materiales, las comunicaciones, los combustibles, los alimentos, la salud, la seguridad, etc., TODO TIENE QUE VER CON INGENIERIA.

**COMPROMISO.** Se requiere comprometerse con la profesión, con sus instituciones, con el bienestar de la sociedad, con el futuro del hombre.

**UNION.** Cambiemos el espíritu y actitud individualista que la profesión tiene impregnada. Resulta mucho más vulnerable uno que el conjunto.

**RECLAMO.** ¡Rebelémonos! Con respeto, con propiedad, con convicción, reclamemos si consideramos que algo está mal o no nos satisface. No nos callemos.

**ASUMAN.** Ocupemos puestos de dirección, cargos públicos, cargos políticos, responsabilidades institucionales.

Desgraciadamente la historia de nuestra sociedad no ha estado asociada con el manejo por parte de los ingenieros.

**LA INGENIERIA.** No solo es una de las mejores profesiones por desarrollar, sino que está llamada a ser la profesión que puede resolver de manera íntegra e integral los problemas de la sociedad y consecuentemente permitir la mejora del bienestar social.

## 5. REFERENCIAS

- [1] CONSTITUCION NACIONAL ARGENTINA, (1994). Paraná, Argentina.
- [2] Ley 24521, de Educación Superior, (1995). Buenos Aires, Argentina.
- [3] LEY 10416 (modificada por las leyes 10698, 13114 y 13686), Colegio de Ingenieros Provincia de Buenos Aires, (1986, 1988, 2003, 2007). La Plata, Argentina.
- [4] [CAROL, GUILLERMO C.](#) (2008). *“Ingenieros, agrimensores y el derecho. Parte General. Tomos I y II”* – La Plata – Centro de Estudiantes de Ingeniería La Plata (CEILP).

# Competencias Evolutivas del Nivel Superior (CENS)

Morrongiello, Noelia Vanesa; Nicolaci, Miryam Viviana

*Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.*

Camino de cintura y Juan XXIII [morrongiello\\_noelia@yahoo.com.ar](mailto:morrongiello_noelia@yahoo.com.ar) , [nicolacimiryam@gmail.com](mailto:nicolacimiryam@gmail.com)

## RESUMEN.

En la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, se trabaja desde hace años en pensar la formación de los futuros ingenieros por competencias. Actualmente, se está llevando a cabo un re diseño de planes, pensado para que los docentes de las diferentes asignaturas trabajen por competencias, igualando todos los niveles de enseñanza-aprendizaje, según la incumbencia de cada materia. Sabemos que existen diversas definiciones de competencias: laborales, académicas, del estudiante, de práctica profesional, entre otros, pero consideramos que es necesario incorporar una nueva conceptualización, pensando exclusivamente en las competencias para cada instancia formativa del estudiante. Las competencias evolutivas del nivel superior, a las que llamaremos CENS, son la evolución y transformación de las habilidades de los estudiantes, en la medida que avanzan en su carrera de grado. Cada asignatura -al formar parte del proceso de enseñanza-aprendizaje- trabaja, forma y desarrolla las competencias de los alumnos. Por este motivo, el estudiante ingresante, evoluciona año a año, desarrollando y mejorando la adquisición de las mismas. Para ello, además, nos planteamos la transversalidad de la evolución de estas competencias en los estudiantes. En un futuro trabajo se analizará esta evolución y el grado de alcance, según el ciclo donde se encuentre el estudiante.

**Palabras Claves:** Competencias, Nivel Superior, Evolución, nueva definición

## ABSTRACT

In the Faculty of Engineering, of the National University of Lomas of Zamora, one works for years in thinking the formation of the future engineers for competitions. Nowadays, one works in a re design of plans, well-considered in order that all the subjects, they work for competitions, equalizing all the levels of education - learning, according to the incumbency of the matter.

We know that diverse definitions of competitions exist: labor, academicians, competitions of the student, of professional practice, between others, but we think that it is necessary to incorporate a new definition of competitions, thought exclusively for every formative instance of the student.

The evolutionary competitions of the top level, to which we will call CENS, are the evolution and transformation of the skills of the students, in the measure that they advance in his career of degree. Every subject, on having formed a part of the process of education - learning of the students, works, they form and develop the competitions of the pupils.

For this motive, the initial student, evolves year a year, evolving and improving in the acquisition of the same ones. For it, in addition, we appear the transversality of the evolution of these competitions in the students. In a future work, there will be analyzed this evolution and the degree of scope, according to the cycle where the student is.



## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen diversas definiciones de competencias: laborales, académicas, del estudiante, de práctica profesional, entre otros.

En la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, desde hace años que se piensa, trabaja y desarrollan las competencias en los procesos de aprendizaje.

Puntualmente, desde la cátedra de Recursos Humanos, donde nos desempeñamos desde el año 2012, comenzamos con la incorporación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) aplicándola –posteriormente- en el desarrollo y formación de competencias de los estudiantes de ingeniería industrial con orientación en gestión, área de implicancia de la cátedra.

Se trabajó en el desarrollo de competencias sociales, políticas y actitudinales, según la clasificación del CONFEDI, seleccionadas desde la cátedra por la posibilidad de realizar diversas actividades para formar a los estudiantes en las capacidades que se han establecido desde la materia.

Luego de años de estudio, análisis e investigación en la temática, consideramos necesario re-definir el proceso de adquisición de competencias de los estudiantes, durante todo su progreso académico de grado.

Por este motivo, proponemos la creación de una nueva definición no contemplada en este ámbito, fuera de las competencias tradicionales y mayormente conocidas. El enfoque que daremos, tiene que ver con las competencias de articulación académica-profesional que el estudiante adquiere desde el inicio de su carrera hacia la graduación.

Competencia se entiende como el saber, pero no sólo desde lo pragmático, sino que también se deben orientar a la producción. Es así que tenemos que pensar en el saber-ser, saber-hacer, saber-saber.

En cuanto a la formación de profesionales es necesario implementar un conjunto de metodologías, actividades, didáctica orientadas a formar y desarrollar las habilidades innatas o adquiridas, con la finalidad de poder identificar las propias de cada alumno y, luego, implementarlas en su ámbito académico y laboral.

La dinámica del mundo del trabajo conllevó a concentrarse y focalizar en las competencias laborales de sus colaboradores, evidenciándolo en las nuevas formas de producir o brindar servicios. Se ha puesto el foco en nuevas características de los trabajadores, exigiéndoles cambios radicales para que puedan comprender su propia formación para el trabajo en su estructura institucional.

En Estados Unidos, un informe llamado SCANS, se centró en identificar las competencias en función de lo que sucede realmente en el lugar de trabajo. De este modo, identificó cinco competencias transversales generales:

- Gestión de recursos: tiempo, dinero, materiales y distribución, personal.
- Relaciones interpersonales: trabajo en equipo, enseñar a otros, servicio a clientes, liderazgo, negociación.
- Gestión de la información: buscar y evaluar información, organizar y mantener sistemas de información, interpretar y comunicar.
- Comprensión sistémica: comprender interrelaciones complejas, entender sistemas, monitorear y corregir desempeños, mejorar o diseñar sistemas.
- Dominio tecnológico: seleccionar tecnologías, aplicarlas en las tareas, dar mantenimiento y reparar equipos.

Las mencionadas son las competencias que se consideran como generales y transversales a toda una organización, pero es necesario que pensemos -como formadores de profesionales- nuestra injerencia y participación en el desarrollo de las habilidades de nuestros estudiantes, que ya se encuentran insertos laboralmente o bien lo harán una vez que se reciban.

El caso de las ingenierías es particular ya que, en su mayoría, los estudiantes se encuentran formándose para el futuro ejercicio de la profesión pero, paralelamente, ejercen la profesión sin estar graduados. Por este motivo, el estudiante, conjuga sus propias competencias (innatas) las adquiridas en su lugar de trabajo y las adquiridas en el ámbito universitario.

Debido a los años que hemos investigado y trabajado el desarrollo y formación de competencias en los estudiantes, desde la cátedra de Recursos Humanos podemos afirmar que no todos los estudiantes comprenden “qué es una competencia laboral”, algunos poseen un leve conocimiento, pero son los menos los que pueden realmente definir y comprender el concepto.

Volviendo a la transversalidad de las competencias, y viéndolo desde el ámbito educativo en el nivel superior, consideramos necesario tener que pensar en re definir las competencias que hacen a la formación de los estudiantes en entornos académicos.

Existen diversas definiciones y clasificaciones de competencias:

- Competencia laboral: Sagi-Vela, la definen como “el conjunto de conocimientos (saber), habilidades (saber hacer) y actitudes (saber estar y querer hacer) que, aplicados en el desempeño de una determinada responsabilidad o aportación profesional aseguran un buen logro.
- Competencia académica: conjunto de conocimientos, habilidades y conductas de un individuo para ser exitoso en alguna actividad.
- Competencia didáctica: centralizada en el uso consciente de conocimientos y capacidades para generar el aprendizaje en los alumnos.
- Competencia profesional: Habilidades y aptitudes de los individuos para desempeñarse de manera exitosa en su trabajo.

Podríamos seguir enumerando definiciones y clasificaciones de competencias existentes en el mundo, pero la pregunta que nos surge como equipo de cátedra es ¿qué sucede con la evolución del estudiante y la adquisición de competencias?

Claro está que un alumno ingresante en los primeros años de la carrera no es el mismo hacia la culminación de la misma. Su práctica laboral y la experiencia académica del proceso de enseñanza aprendizaje lo evolucionan, lo modifican. Como docentes nos hacemos este planteo y notamos que las definiciones existentes no contemplan esta evolución en la formación de los estudiantes.

Cabe resaltar que cada individuo es único e irrepetible y, en este sentido, intenta desarrollar al máximo sus capacidades; aunque desconozcan la definición, es lo que hacen diariamente en su trabajo o estudio y eso se traslada en lo que llegan a ser como personas.

En este trabajo presentaremos una nueva definición de competencias, focalizadas en el proceso evolutivo de los estudiantes durante el transcurso de su vida académica. A estas competencias las llamaremos “Competencias evolutivas del nivel superior” (CENS).

### 1.1. Marco Teórico.

Si nos remontamos al año 2013, en Argentina se profundizó el interés en la formación de los ingenieros y de las competencias de egreso, ya que la tasa de graduados de las universidades del país, en relación a la carrera de ingeniería es muy baja; al respecto, el titular del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) Miguel Ángel Sosa, expuso en una entrevista que “... egresan dos de cada diez estudiantes de Ingeniería y, en total, se gradúan unos 6500 ingenieros al año” (Diario Página 12, 2013). Siguiendo con la cronología de la educación por competencias en nuestro país, en su momento se desarrolló el “Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016”, que tenía como finalidad fomentar el trabajo entre instituciones públicas y privadas, de educación e investigación, a fin de formar profesionales de la ingeniería para lograr consolidar el desarrollo industrial, el cual se ha incrementado en los últimos años. Debido a la creciente demanda de ingenieros, y el aumento de puestos de trabajo para este tipo de profesiones, se ha decidido hacer algo al respecto, con el propósito de formar más y mejores profesionales de la ingeniería.

Las competencias, en términos de habilidades, brindan a los individuos una diferenciación respecto de quienes no las hayan desarrollado o lo hayan hecho en menor grado. Si bien existen competencias genéricas, comunes a todos los individuos, desde la asignatura Recursos Humanos se ha intentado desde 2012 formar a los futuros ingenieros con un incremento, desarrollo y progresión que les permita diferenciarse de los demás profesionales. Las competencias se forman y modelan en función de las habilidades innatas de cada individuo, y se refuerzan aquéllas que se detectan como débiles.

Si bien se ha hablado de competencias últimamente su origen data desde 1906 aproximadamente cuando, de modo experimental y aplicado a estudiantes de ingeniería, se iba desarrollando la utilización de conocimientos en el desempeño empresarial. Hacia la década del 70 David McClelland -considerado uno de los pioneros en el estudio de competencias laborales-, mediante sus estudios aplicados, métodos de observación y entrevistas logró identificar características por las cuales se diferenciaban los diversos niveles de rendimiento de los trabajadores. De este modo se empieza a formar la terminología y definición de competencias.

La palabra competencias proviene del latín “cum” y “petere”, que significa “capacidad para concurrir, coincidir en la dirección”.

*Según Spencer y Spencer, “Competencia es una característica subyacente en el individuo que está causalmente relacionada a un estándar de efectividad y/o a una performance superior en un trabajo o situación”* (Spencer y Spencer, 1993). Analizando esta definición es posible afirmar que las competencias son una parte de la personalidad de los individuos que accionan su comportamiento en función de diversas situaciones que se les presentan, anticipan este comportamiento y el desempeño, orientándolo a la efectividad agregándole un valor diferencial respecto del resto de los trabajadores, estudiantes o de sus pares cualquiera sea el entorno de que se trate.

Así, las competencias son características de los individuos que indican comportamientos ante situaciones diversas. Pueden ser innatas o aprendidas, según el momento de cada persona, pero lo fundamental al hablar de competencias es referirnos al “saber-hacer”; no sólo el saber qué hacer sino también “cómo hacerlo”.

Luisa Pinto Cueto (1999) define a la competencia como “*la capacidad para actuar con eficiencia, eficacia y satisfacción, sobre algún aspecto de la realidad personal, social, natural o simbólica*”. Y agrega que “*cada competencia es entendida como la integración de tres tipos de saberes: conceptual (saber), procedimental (saber hacer) y actitudinal (ser). Son aprendizajes integradores que involucran la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje (metacognición)*”.

Desde este punto de vista resulta evidente que es necesario tener el conocimiento, tener la experiencia y la actitud que acompañe los comportamientos de los individuos. Las competencias profesionales, donde se aplican dos saberes (saber-hacer y saber-ser), tienen que ver con la capacidad de realizar actividades que conciernen a una profesión específica, la cual se ve reflejada en el nivel de desempeño esperado en el ámbito laboral.

Existen diversas tipificaciones de las competencias, de las cuales se tomarán las básicas (comprensión oral, lecto-escritura, entre otras), las genéricas (por ejemplo: trabajo en equipo, planificación, resolución de conflictos) y las competencias específicas (capacidad de manejar una maquinaria y equipamiento determinado).

Retomando lo mencionado anteriormente, para la selección de competencias a trabajar en la cátedra de Recursos Humanos se tomó como referencia el documento elaborado por el CONFEDI (2014), en el cual se delimitan las competencias genéricas y específicas de los ingenieros.

En dicho documento se dividen las competencias en:

- competencias genéricas de la ingeniería
- competencias tecnológicas
- competencias sociales, políticas y actitudinales
- competencias específicas de la terminal

A su vez, estas competencias se encuentran expresadas en término de capacidades, es decir “*ser capaz de...*”; por ende, en la historia de nuestro trabajo en la cátedra de recursos humanos, se identificaron y seleccionaron aquellas competencias (son sus respectivas capacidades) que se encuentran enmarcadas en la temática de la asignatura y cuyo desarrollo aporta resultados diferenciales en el desempeño de los estudiantes.

A partir de la labor realizada, habiendo profundizado en la investigación de los resultados y las necesidades de los estudiantes (futuros profesionales), se considera necesario proponer una definición nueva y no contemplada para estas competencias, que ponen el foco en la transformación de los estudiantes, desde su ingreso a la universidad hasta que alcanzan su título de grado.

A partir de lo expuesto definimos las “*Competencias evolutivas del Nivel superior (CENS)*” como aquellas que marcan y determinan el grado de avance y evolución de los estudiantes durante el proceso educativo en una carrera de grado.

## **2.1 Desarrollo del Trabajo**

Desde la planificación áulica se establecen diversas estrategias a seguir, las que se implementan y accionan para formar las competencias que incumben a los recursos humanos y a los estudiantes de ingeniería.

Entre dichas diversas estrategias el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es uno de los instrumentos utilizados en el dictado de la asignatura. El llamado ABP surge en la década de los 60 en instituciones universitarias, su finalidad es aportar a la mejora de la calidad educativa modificando las clases únicamente expositivas en virtud de clases integradoras, organizadas en base a problemáticas y hechos de la vida real, donde confluyen distintas áreas de conocimientos aplicados por la cátedra.

De este modo, el rol del docente se convierte en el de tutor, acompañando en sus prácticas a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, actuando como uno más de ellos y ayudando a que los propios alumnos desarrollen capacidades. Dichas capacidades -que los tutores fomentan en los alumnos- se relacionan directamente con la formación de las competencias de los ingenieros.

Lógicamente, para que las competencias puedan desarrollarse, se necesita de la plena colaboración y compromiso de las personas; en este caso, de los estudiantes de Ingeniería Industrial con orientación en Gestión, quienes cursan la asignatura de Recursos Humanos, donde hemos podido desarrollar nuestras investigaciones. Según el consultor Pablo Buol (2009):

*“No es posible imponer una actitud a una persona que no cree en ella. Por eso, si no existe un compromiso previo para desarrollar una competencia específica, es necesario trabajar en principio con los modelos mentales y emocionales de la persona o equipo, a fin de desarrollar la conciencia sobre la importancia de la/s competencia/s a entrenar”.*

Para entender la dinámica utilizada en el ABP, lo graficaremos del siguiente modo:

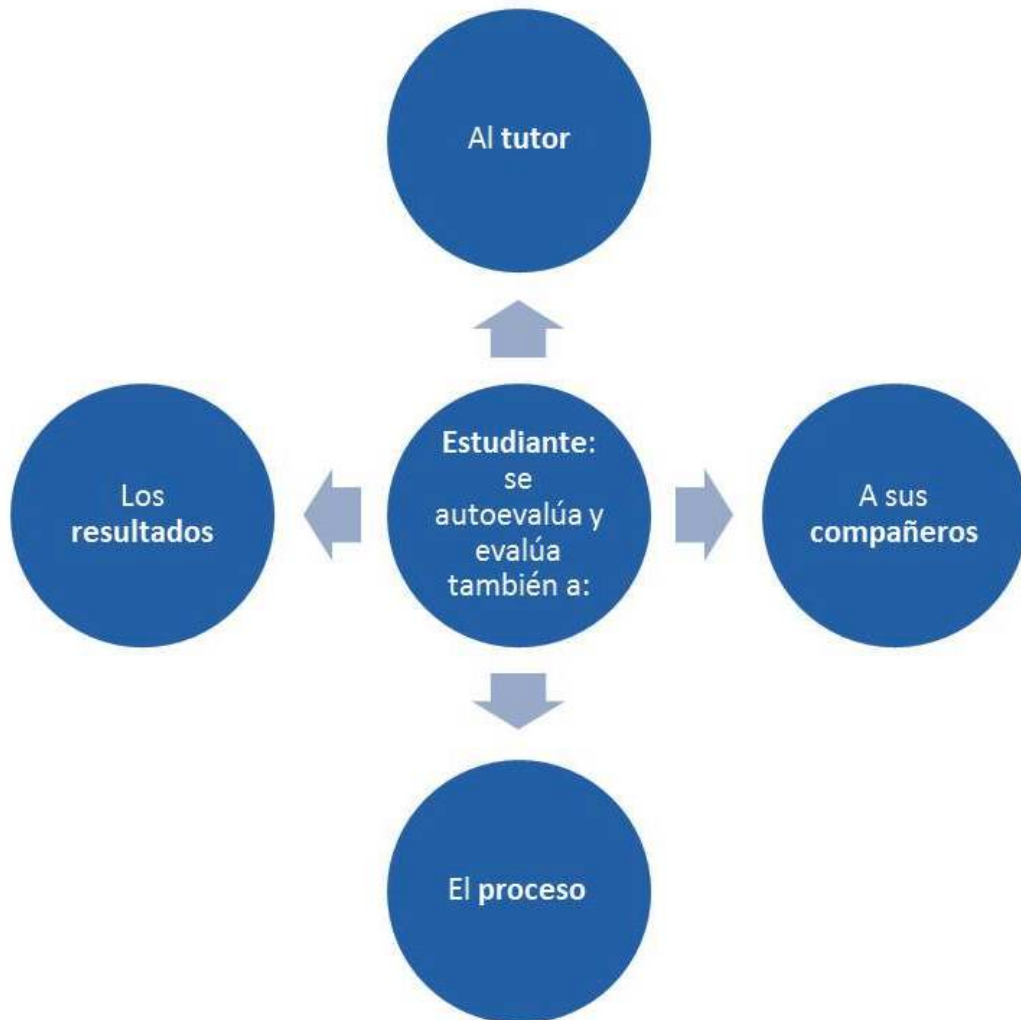


Figura 1 *Dinámica del ABP. Fuente, elaboración propia.*

En cuanto al ABP, para el abordaje de los temas contemplados en las unidades programáticas de la cátedra de Recursos Humanos se han realizado –entre otras- las siguientes actividades:

- actividades lúdicas
- análisis y debate de contenidos
- roleplaying
- estudio de casos en foros

Luego del tratamiento de los temas de la manera antes expuesta, los resultados que obtuvimos en función de la apreciación de los estudiantes indican que ellos consideran más relevantes los contenidos relacionados con:

- liderazgo (24%)
- trabajo en equipo (18%)
- comunicación (14%)
- resolución de conflictos (12%)
- motivación (10%)
- gestión de RRHH (9%)
- estructura organizacional (6%)
- inteligencia emocional (5%)
- competencias y planeamiento (1% cada una)

### Contenidos y Prácticas



Figura 2 *Preferencia de actividades. Fuente, elaboración propia.*

Para obtener la información, una vez aplicada y puesta en práctica la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), diseñamos una encuesta para determinar las competencias adquiridas por estos estudiantes.

Desde el año 2013 al 2014 se recolectaron datos para generar insumos de investigación sobre las competencias adquiridas de los estudiantes.

A continuación detallamos la encuesta implementada, en base a una escala de Likert; también se tuvieron en cuenta datos cualitativos como ser sexo, edad, inserción laboral, entre otros, aquí focalizaremos solo en la adquisición de competencias:

Tabla 1 *Modelo de encuesta de la cátedra de Recursos Humanos.*

<b>Te pedimos que atribuyas una puntuación a cada uno de los ítems de acuerdo a la siguiente escala:</b>					
5= Totalmente de acuerdo					
4= Bastante de acuerdo					
3= Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
2= Poco de acuerdo					
1= Nada de acuerdo					
<b>La Cátedra de Recursos Humanos aportó a la formación de las siguientes competencias:</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Ser capaz de:</b>					
Identificar una situación problemática presente o futuras					
Generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado					
Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas, y seleccionar la más adecuada en un contexto particular					
Planificar la resolución					
Controlar el proceso de ejecución.					
<b>Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. Ser capaz de:</b>					
Asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos					
Proponer y/o desarrollar metodologías de trabajo acordes a los objetivos a alcanzar					
Reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos					
Asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo					
Promover actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo					

Identificar fortalezas y minimizar debilidades						
Asumir el rol de conductor de un equipo.						
<b>Competencia para comunicarse con efectividad. Ser capaz de:</b>						
Adaptar las estrategias de comunicación a los objetivos comunicacionales, a las características de los destinatarios y a cada situación						
Comunicar eficazmente problemáticas relacionadas a la profesión, y a personas ajenas a ellas						
Interpretar otros puntos de vista, teniendo en cuenta situaciones personales y sociales de los interlocutores						
Capacidad para producir e interpretar textos técnicos y presentaciones públicas						
Expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita						
Identificar el tema central y los puntos clave del informe o presentación						
Analizar la validez y la coherencia de la información.						
<b>Competencia para aprender en forma continua y autónoma. Ser capaz de:</b>						
Reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida						
Asumir que se trabaja en un campo de permanente evolución, donde las herramientas, técnicas y recursos propios de la profesión están sujetos al cambio, lo que requiere de un continuo aprendizaje						
Lograr autonomía en el aprendizaje						
Evaluar el propio desempeño profesional y encontrar los recursos necesarios para mejorarlos						

Los resultados arrojados de esta investigación fueron los siguientes:

La competencia "Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería" fue la más valorada; le siguen "Aprender en forma continua y autónoma", "Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo", y por último, "Comunicarse con efectividad".

Tabla 2 *Resultados obtenidos de competencias en los estudiantes de la cátedra de Recursos Humanos*

Estadísticas simples:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
APRENDER EN FORMA CONTINUA Y AUTÓNOMA	49	1,000	4,000	3,102	1,065
IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA	49	1,000	4,000	2,429	1,173
DESEMPEÑARSE DE MANERA EFECTIVA EN EQUIPOS DE TRABAJO	49	1,000	4,000	2,265	1,056
COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD	49	1,000	4,000	2,204	0,979

Siguiendo con los resultados obtenidos y considerando que -como ya hemos mencionado- las competencias tienen una directa relación con el saber-hacer, se obtuvo una clasificación de las mismas según su tipología.

Es posible establecer, entonces, dos tipologías con respecto a las competencias genéricas, que se detallan a continuación:

Tabla 3 *Tipología de las competencias genéricas*

Tipo I	Tipo II
CG1 Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	CG2 Para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo CG3 Comunicarse con efectividad CG4 Aprender en forma continua y autónoma

Tabla 4.24 Tipología de las competencias genéricas

El Tipo I se identifica con las competencias referidas al “saber-hacer” de los ingenieros, las competencias del Tipo II con aquellas vinculadas con la comunicación, la relación y la autonomía.

En función de lo estudiado y analizado durante estos años actualmente nos planteamos y preguntamos sobre la evolución de estas competencias, es por ello que nos vimos ante la necesidad de preguntarnos ¿cómo eran estos alumnos al inicio de la carrera? ¿cómo serán al finalizar los estudios?

La búsqueda de respuestas a estos interrogantes nos lleva a pensar en la transversalidad de las competencias y en la evolución de los estudiantes y es por eso que decidimos definir nuevamente las competencias, desde otro punto de vista.

Luego de las primeras investigaciones, desde 2015 se con continuó con el estudio de competencias en la formación de futuros ingenieros, pero ya con la necesidad de re-plantear la definición de competencias aplicadas a los estudiantes que atraviesan toda una carrera, y no solo durante la cursada una materia, como fue el disparador de la cátedra de Recursos Humanos para comenzar el recorrido del análisis de las competencias.

En primer lugar, nos focalizamos en el camino de un estudiante de ingeniería quien en los primeros años de su vida académica cursa materias duras como lo son las de ciencias básicas (matemática, cálculo I y II, estabilidad I, entre otras). También pensamos en las características y formación previa un estudiante joven recién egresado de la escuela secundaria que -según su lugar de proveniencia- también tendrá diferentes competencias de ingreso; no es lo mismo el ingreso de un bachiller que el de un estudiante de escuela técnica (esto no significa que unos y otros sean mejores o peores sino que, seguramente, tengan habilidades distintas).

Nos abocamos al estudio del camino que un estudiante transita en cada ciclo de su carrera, atravesando tres etapas:

- ciclo básico (inicial)
- ciclo intermedio
- ciclo superior (en este último se encuentra la asignatura Recursos Humanos, que corresponde al cuarto año de ingeniería industrial con orientación en gestión).

El estudiante de una carrera de grado, evoluciona durante cada año de estudio, aumenta sus competencias con la experiencia laboral, las vivencias cotidianas y académicas; es por ello que denominaremos “*Competencias evolutivas del nivel superior (CENS)*” a las competencias que desarrollan los estudiantes en el periodo formativo.

El proceso evolutivo la cátedra Recursos Humanos puede representarse del siguiente modo:

Etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Cátedra Recursos Humanos, dictada para estudiantes de Ingeniería Industrial con orientación en Gestión.

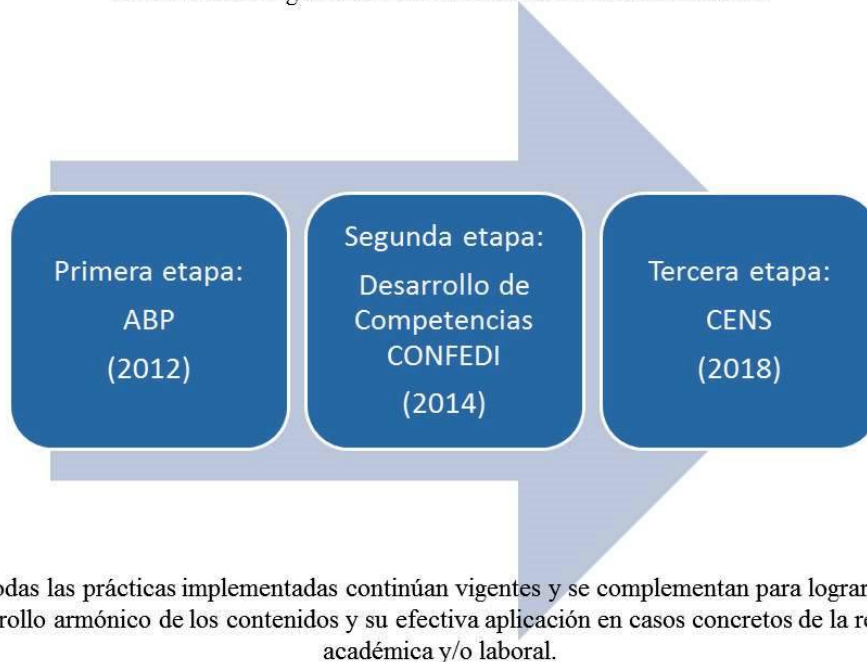


Figura 3 Evolución de los estudios de las competencias. Fuente, elaboración propia.

Definición de CENS:

*“Las competencias evolutivas del nivel superior son aquellos conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes que ponen en evidencia una transformación progresiva del estudiante a medida que avanza en su carrera de grado”. No son competencias laborales, tampoco académicas; no se trata de las conocidas competencias de los estudiantes ni de práctica laboral: “las CENS constituyen un conjunto abarcativo e integral en el que los conocimientos, destrezas, experiencias y comportamientos interactúan de manera tal que, al ser puestos en práctica, inciden de manera positiva en los resultados de los estudiantes, modificando en el tiempo sus conductas y motivándolos a alcanzar objetivos”.*

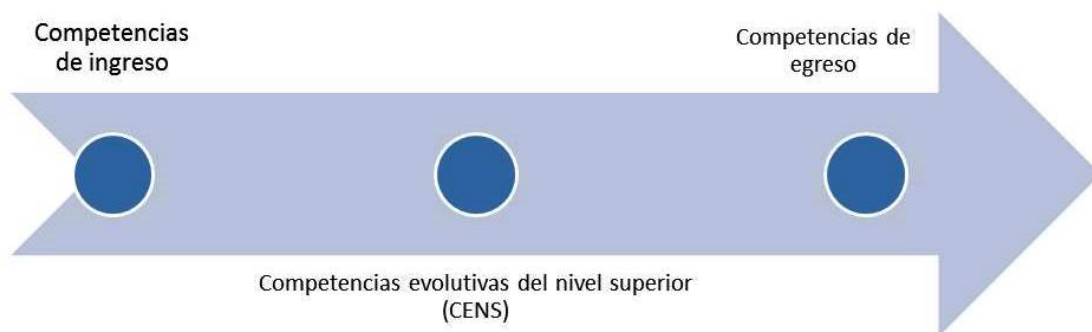


Figura 4 CENS. Fuente, elaboración propia.

Tal como surge del enunciado, se deben conjugar los conocimientos teóricos y las prácticas. Se entiende que, desde el punto de vista de la calificación tradicional, mediante exámenes parciales y otras instancias de evaluación, se registra en general la evidencia de adquisición del conocimiento (saber-saber). La mayor premisa de las CENS es poner el foco en el saber-hacer y en el saber-ser, contribuyendo al desarrollo de los estudiantes en la etapa de transición entre el ingreso y la graduación.

Para poder comprobar esta definición continuaremos abriendo nuevas líneas de investigación, focalizando en la transversalidad dentro de la institución desde el primer año de la carrera hasta el



quinto; cotejaremos también los resultados con otro estudio que estamos llevando a cabo en paralelo indagando sobre las necesidades de las empresas de la región.

A partir de esta nueva línea de investigación aspiramos a analizar los resultados de lo que hacemos como institución educativa superior en relación con las necesidades de las organizaciones en las que se insertan laboralmente nuestros profesionales; para ello tendremos en cuenta las empresas de la región (Parque industrial Burzaco, Parque Industrial LLavallol, Matanza, Lomas de Zamora, Monte Grande, entre otras).

### 3. CONCLUSIONES.

Quienes ejerciendo la docencia nos dedicamos a la formación de futuros profesionales asumimos nuestra responsabilidad como agentes de cambio, acompañando las necesidades del alumnado, de la universidad y de las organizaciones de nuestra zona de influencia.

Las tecnologías han avanzado y cambiado, la comunicación es dinámica y de fácil acceso, favoreciendo de este modo que el feedback, alumno/docente-tutor sea más accesible. Hoy en día estas tecnologías se encuentran instaladas de modo tal que son aceptadas por una gran mayoría, aunque algunas resistencias aún se siguen encontrando.

Cavilando en este sentido la cátedra de Recursos Humanos percibió la necesidad de progresar y acompañar las necesidades de estos tiempos de cambios, es por ello que nos proponemos formar estudiantes en el desarrollo de competencias pensadas en el marco de la evolución que hemos planteado anteriormente.

Para continuar transitando por esta senda nos proponemos, básicamente, tres desafíos:

- Investigar las necesidades de las organizaciones en lo que refiere al desarrollo de competencias de sus trabajadores (cuáles y en qué grado de desarrollo).
- Trabajar en equipos docentes interdisciplinarios, identificando los aportes que pueden proporcionar cada una de las asignaturas en el desarrollo de competencias evolutivas de los estudiantes, en función de las necesidades antes relevadas y llevar a cabo actividades de articulación entre las diferentes cátedras.
- Diseñar métodos de seguimiento y evaluación de las CENS.

En el convencimiento de que la única manera de alcanzar los resultados esperados es dando lo mejor de nosotros y que los estudiantes merecen una educación de calidad, es que proponemos la implementación de procesos de enseñanza-aprendizaje dinámicos y acordes a sus requerimientos y a los de las organizaciones que los van a contener. Es en este sentido que planteamos la necesidad de incorporar al sistema educativo las competencias evolutivas del nivel superior.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] Alles, M. (2006). Selección por Competencias. Argentina: Ediciones Granica.
- [2] Alles, M. (2007). Dirección Estratégica de Recursos Humanos, Gestión por Competencias. Argentina: Ediciones Granica.
- [3] Alles, M. (2008). Desarrollo del Talento Humano basado en competencias. Argentina: Ediciones Granica.
- [4] Alles, M. (2009). Diccionario de Competencias. La Trilogía. Argentina: Ediciones Granica.
- [5] Blanco N., Nicolaci M., Morrongiello N. (2012). Aprendizaje Basado en Problemas: El caso de la Cátedra Recursos Humanos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. COINI Congreso de Ingeniería Industrial. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2006). Primer Acuerdo sobre las.
- [7] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2008). Competencias para el Acceso y la continuidad de los estudios superiores. Documento de la XLIV Reunión del CONFEDI. Santiago del Estero, Argentina.
- [8] Davis, K. y Newstrom, J. (2000). Comportamiento Humano en el Trabajo. México: McGraw Hill Interamericana Editores.
- [9] Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Estatuto de la UNLZ. Ordenanzas N° 01/96 y 01/98. Años de aprobación 1996 y 1998, respectivamente.
- [10] Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Plan de estudios.
- [11] Resolución del Honorable Consejo Académico (HCA) 048/04. Año de aprobación 2004.
- [12] Hernández Sampieri R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2012). Metodología de la Investigación. México: Editorial MC. Graw Hill
- [13] Luque, T. (2000): Análisis Factorial, que pertenece al texto Luque, T. (coord.): Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados, Pirámide

- [14] Ministerio de Educación de la Nación Argentina (2001). Resolución 1232/01. Argentina.
- [15] Spencer, L. M. y Spencer, S.M. (1993). Competence at Work. Nueva York: John Wiley and Sons.
- [16] Competencias Genéricas. Segundo Taller “Desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina”. Buenos Aires, Argentina

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora y al Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, por permitirnos explorar e indagar temáticas que son de interés mutuo.

# El rol del CONFEDI en la formación basada en competencias en las carreras de Ingeniería

Santille\*, Luciana Soledad; Artigas, María Velia; Onaine, Adolfo Eduardo.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Av. Juan B. Justo 4302, 7600, Mar del Plata. lusantille@gmail.com*

## RESUMEN.

En el presente trabajo se describe la crónica de cómo ha transcurrido el proceso para diseñar una nueva política de educación superior: la formación basada en competencias en las carreras de Ingeniería. En base a la descripción se pone en evidencia la función que lleva a cabo el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería) durante el mencionado proceso. Se tiene en cuenta, además, de qué manera el contexto socio-político afecta su concreción.

A partir de la información recabada se utiliza una metodología que implica evaluar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que se desprenden para la consecución del proceso.

Por otra parte, se estima el *gap* entre el estado actual y el estado deseado; lo cual posibilita vislumbrar algunas acciones que permitan minimizarlo.

Con este trabajo se espera lograr una comprensión global del rol que desempeña el CONFEDI en este cambio de paradigma que tiene como objetivo la implementación de una educación superior en el área de ingeniería basada en competencias.

**Palabras Claves:** CONFEDI, formación por competencias, ingeniería.

## ABSTRACT

This paper describes the chronicle of how the process to design a new policy of higher education has passed: competency-based training in engineering careers. Based on the description, the role carried out by the CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería) during the aforementioned process is highlighted. It also takes into account in what way the socio-political context affects its concretion.

Based on the information collected, a methodology is used that involves assessing the strengths, weaknesses, opportunities and threats that arise in order to achieve the process.

On the other hand, the gap between the current state and the desired state is estimated; which allows to glimpse some actions that allow to minimize it.

With this work we hope to achieve a global understanding of the role played by CONFEDI in this paradigm shift that aims to implement higher education in the area of competency-based engineering.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pretende conocer el recorrido histórico y la sucesión de hechos que inciden en el diseño de la formación basada en competencias con el objetivo de comprender el papel que desarrolla el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería) durante este proceso. Se tiene en cuenta, además, de qué manera el contexto socio-político afecta su concreción.

Con este trabajo se espera lograr una comprensión global del papel que juegan el CONFEDI y otros organismos, en este cambio de paradigma que tiene como objetivo la implementación de una educación superior en el área de ingeniería basada en competencias.

## 2. CRÓNICA DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

La educación universitaria argentina, desde sus inicios en el año 1613, ha recorrido un largo camino, evolucionando continuamente. Uno de los acontecimientos más trascendentales en su historia fue la Reforma Universitaria de 1918. Sin embargo, la genuina cristalización de los objetivos esenciales de dicha reforma acontece con la sanción de la ley N° 1597, el 3 de Julio de 1885, o más conocida como Ley Avellaneda. Con esta ley las universidades argentinas adquieren el carácter de 'autónomas y libres', con lo cual comienza el aumento de la población estudiantil, pero fundamentalmente se crea un sistema que provee igualdad de oportunidades. Otro avance se da con la creación de la Universidad Obrera Nacional (posteriormente denominada Universidad Tecnológica Nacional), por ley N° 13229 sancionada el 3 de septiembre de 1948. El 25 de marzo de 1950, mediante el decreto 6401 comienza la etapa de la gratuidad de la enseñanza universitaria, democratizándose la cultura y rompiéndose el carácter "elitista de la Universidad tradicional". En el año 1955 se instala la dictadura cívico-militar conocida como la Revolución Libertadora. Simultáneamente, en el período 1955-1966, comienzan a aparecer las universidades privadas, la 'libertad' y la 'autonomía' alcanzan la autarquía financiera y los niveles de decisión sobre las carreras a ofrecer, y se incrementa la politización de la vida universitaria [1]. Además de la Revolución Libertadora, varias dictaduras cívico-militares han irrumpido en la historia política argentina, pero ninguna como la del año 1976 donde se produjo el 'gran vaciamiento de la universidad argentina'. 'Orden' y 'depuración política' como primeros objetivos, se transformaron en una secuencia de crecimiento geométrico de objetivos perversos que destruyeron hasta las partes fundamentales de las bases de la universidad argentina [2]. No puede olvidarse tal acontecimiento histórico, ya que al sistema universitario le llevó tiempo y esfuerzo para recuperarse y volver a cumplir el rol social que le corresponde.

El 6 de junio de 1870, se otorga el primer diploma de ingeniero por parte de la Universidad de Buenos Aires. Antes de terminar el siglo XIX, había tres Facultades de Ingeniería: en Buenos Aires, Córdoba y La Plata, así como la Escuela Nacional de Ingeniería de Minas de San Juan. Para finales de ese siglo, el 8 de marzo de 1895, se funda el Centro Nacional de Ingenieros. En el mes de agosto de 1897 aparece la revista "La Ingeniería" [3].

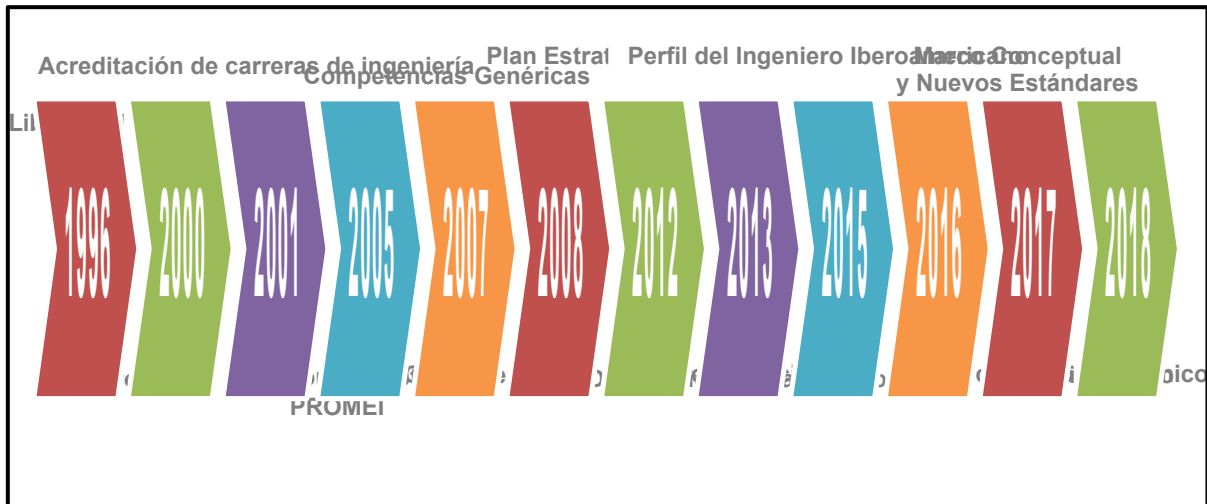
Desde 1870 hasta 1900, las Universidades de Buenos Aires, Córdoba, La Plata, y la Escuela de Minas de San Juan habían otorgado alrededor de 250 diplomas de ingenieros. Acompañando la evolución mundial de la formación de ingenieros, se fueron abriendo nuevas carreras de ingeniería en diferentes universidades de la Argentina. No obstante, la multiplicación de títulos incluyó también la multiplicación que se les daba a cada terminal de ingeniería [2].

En diciembre de 1985 fue creado el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), integrado por rectores de universidades nacionales y provinciales reconocidas por el Poder Ejecutivo nacional.

En el año 1988 fue creado el CONFEDI de la República Argentina a partir de la inquietud de un grupo de Decanos de conformar un ámbito en el cual se debatan y propicien, a partir de experiencias propias, soluciones a las problemáticas universitarias planteadas en las Unidades Académicas de Ingeniería [4].

Para 1995 existían en Argentina 58 ramas diferentes de ingeniería distribuidas en 30 universidades públicas nacionales, 3 públicas provinciales y 18 privadas. Si bien existía una diferencia en torno del adjetivo utilizado para diferenciarlas, caso de Ingeniería en Minas e Ingeniería en Minería, lo cual podría reducir el número total a alrededor de tres decenas, la cantidad aún impresionaba por su valor. Esta dispersión de titulaciones condujo a la necesidad de encarar el Proyecto ICI-CONFEDI (1996) de Homogeneización Curricular. Por la magnitud que implicó el involucramiento institucional académico argentino, tanto en la cantidad como en la intensidad, bien vale considerar al proyecto como un punto de inflexión, o por lo menos como un hito histórico [2].

A partir de 1996 se pueden identificar varios hitos importantes en la historia reciente de la ingeniería en la academia. Algunos de los más significativos han sido los que se muestran en la Figura 1:



**Figura 1:** línea de tiempo sobre la historia de la Ingeniería.  
**Fuente:** elaboración propia en base a datos recopilados.

### 1996 - Proyecto ICI-CONFEDI - Libro Azul

El proyecto realizado en conjunto entre el ICI (Instituto de Cooperación Iberoamericana) y el CONFEDI tuvo como objetivo general: “Mejorar la oferta educativa a nivel de grado en lo correspondiente a las Ciencias de la Ingeniería a través de un proceso de unificación curricular”. Los participantes del proyecto fueron 35 Instituciones de enseñanza de Ingeniería de la República Argentina y un grupo de Expertos Españoles. El proyecto tuvo como resultado el “Libro Azul” de CONFEDI, que contiene una serie de recomendaciones para la formulación de los planes de estudio, sintetizadas en los siguientes puntos:

- Perfil del Ingeniero
- Marco de la Formación
- Estructura Curricular
- Cargas Horarias y Duración de las Carreras
- Identidad de los Títulos - Troncalidad
- Trabajo Final Integrador
- Otros aspectos vinculados a la modernización de la enseñanza de las ingenierías

Las terminales analizadas en el proyecto fueron: Ingeniería en Alimentos, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Sistemas de información e informática, Ingeniería en Química [5].

### 2000 - Manual de Acreditación - Libro Verde

En el año 2000 se difunde el documento “Manual de Acreditación para Carreras de Ingeniería en la República Argentina, conocido en la jerga como el “Libro Verde” de CONFEDI. Este Manual tuvo sus orígenes en el XXIII Plenario del CONFEDI realizado en la ciudad de Mendoza en mayo de 1998, y su objetivo fue reunir en un solo documento la propuesta del CONFEDI con respecto al proceso de acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina.

En este documento se asume una conceptualización para el término “Calidad” así como se define en qué consiste la acreditación de una carrera específica. Además, en el Libro Verde se han propuesto, respecto a la acreditación: dimensiones a evaluar, indicadores, criterios y requisitos [6].

### 2001 - Inicio de la acreditación de carreras de ingeniería

En un contexto de crisis a escala nacional que tuvo su pico económico y social en el segundo semestre de 2001 y el primero de 2002, las facultades de ingeniería fueron convocadas para acreditar las carreras en un entorno en el cual el desafío para las autoridades de esos momentos era, esencialmente, poder abonar los salarios del personal con la menor demora posible y hacer frente a los servicios básicos para mantener las universidades abiertas [7].

En primer lugar, mediante el Acuerdo Plenario N° 13/01 del Consejo de Universidades, se incluyen en la nómina de títulos del Artículo 43 de la Ley 24.521 a los siguientes: Ingeniero Aeronáutico, en Alimentos, Ambiental, Civil, Electricista, Electromecánico, Electrónico, en Materiales, Mecánico, en Minas, Nuclear, en Petróleo, y Químico. El Acuerdo Plenario mencionado se transformó luego en la Resolución del Ministerio de Educación N° 1232/01, teniendo vigencia a partir de la publicación en el Boletín Oficial N° 29.805 [2].

Cabe destacar que este proceso produjo una suerte de socialización de las carreras de ingenierías del país, además de la homogeneización en algunos aspectos formales. Hasta antes del 2001

cada carrera de ingeniería funcionaba únicamente respondiendo a las normativas de cada facultad y/o universidad, y pocas exponían sus cuestiones internas. Otro aspecto a destacar, como una consecuencia de los procesos de acreditación, sobre todo en sus inicios, es la desmitificación que se produjo acerca de la idea instalada en el imaginario universitario sobre algunas carreras e instituciones de mucha tradición y poder en el país, que se esperaba que pasen el proceso sin mayores sobresaltos. Esto no fue así, ya que muchas carreras con escasos recursos, pero muy bien administrados, obtuvieron un mejor rendimiento sobre otras, que, a pesar de disponer de grandes instalaciones, de cuerpos docentes numerosos y con grandes títulos tuvieron que presentar una serie de compromisos para lograr la acreditación por tres años [2].

### **2005 - Proyecto Estratégico Reforma Curricular 2005/7 - Libro Celeste**

Se conoce como Libro Celeste al “Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005 - 2007”. El objetivo de dicho proyecto era que las facultades con carreras de ingeniería preparen su implementación entre los años 2008 y 2009 y comiencen a aplicarlo a partir del año 2010.

Si bien la propuesta no se llevó adelante en términos temporales, este documento es fundamental ya que por primera vez se introdujo la Formación por Competencias como un objetivo para la formación de ingenieros. Aunque muchas ideas y conceptos tuvieron que esperar 12 años para ser nuevamente puestas en el escenario, como bien lo refleja el documento de Oro Verde de CONFEDI, de mayo de 2017 [2].

#### **- PROMEI**

También en el año 2005, el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MECyT), a través de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), presenta el Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería (PROMEI). Se trataba de un Plan Plurianual (2005-2007) mediante el cual el Estado daba una respuesta sólida frente a las debilidades encontradas en los procesos de acreditación de carreras de ingeniería [2], ya que, finalizado el proceso de acreditación en 2004, sólo 17 de las 237 carreras cumplieron con todos los estándares y recibieron acreditación por seis años, mientras que a la mayoría se les otorgó por tres años y debieron poner en marcha planes de mejoras para superar las falencias detectadas [7].

Como no todas las terminales participaron del primer proceso de acreditación, entre ellas Ingeniería Industrial, el MECyT puso en marcha un nuevo Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería denominado PROMEI II para el período plurianual 2007-2010 cuyos informes finales se presentaron a finales del año 2012.

### **2007 - Propuesta de Competencias Genéricas**

En el año 2005 el CONFEDI propuso realizar una experiencia piloto en cinco terminales para disponer de una aplicación en concreto que posibilite poner a discusión el modelo de competencias y su posible aplicación. En octubre de 2006 es aprobado en el XL Plenario de CONFEDI el documento con dicha propuesta.

Las terminales con las cuales se trabajó fueron:

- Ingeniería Civil
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Química

Primero se estableció una definición sobre el concepto de Competencias y luego se clasificaron y definieron las Competencias de Egreso en Competencias Genéricas y Competencias Específicas. Las Competencias Específicas quedaron para seguir trabajando con ellas a posteriori. En tanto las Competencias Genéricas aprobadas fueron 10, divididas en 5 Tecnológicas y 5 Sociales, Políticas y Actitudinales, las cuales se detallan a continuación:

#### Competencias Tecnológicas

- 1) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- 3) Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- 5) Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones.

#### Competencias Sociales Políticas y Actitudinales

- 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- 7) Comunicarse con efectividad.
- 8) Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- 9) Aprender en forma continua y autónoma.
- 10) Actuar con espíritu emprendedor.

### **2008 - Propuesta de Competencias de Ingreso**

Una vez aprobadas las competencias genéricas de egreso de carreras de Ingeniería en el año 2006, el CONFEDI se abocó a determinar también las competencias genéricas de ingreso a estas carreras considerando a las mismas como el punto de partida mínimo a partir del cual se podrían desarrollar los planes de estudio para alcanzar las competencias de egreso. Este trabajo llevó más de un año, el consenso se alcanzó en el año 2008 y se generó un documento que el CONFEDI puso a disposición de otras asociaciones y redes de carrera científico-tecnológicas que enriquecieron el documento y que dieron lugar en el año 2009 al acuerdo sobre competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios.

A partir de la generación de este documento, las Facultades de Ingeniería trabajaron en cada jurisdicción para tratar de llevar a la práctica acciones específicas que permitieran que los alumnos que egresaban de las escuelas secundarias contaran con estas competencias mínimas de ingreso al sistema universitario [8].

### **2012 - Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016**

Este plan, conocido por sus siglas como PEFI, estaba compuesto por tres ejes:

- A. Proyectos de Mejoramiento de Indicadores Académicos.
- B. El aporte de la universidad al desarrollo territorial sostenible.
- C. Internacionalización de la Ingeniería Argentina.

El eje A, a su vez tenía cuatro objetivos:

- A.1. Generar vocaciones tempranas y facilitar el tránsito entre niveles educativos
- A.2. Incrementar la retención en el ciclo básico
- A.3. Incrementar la retención en el ciclo de especialización
- A.4. Incrementar la graduación de alumnos avanzados

Algunas de las Acciones a Desarrollar fueron las siguientes:

- Acuerdo con el Consejo Federal de Educación para consensuar competencias de acceso propuestas con competencias de egreso de la escuela secundaria. (Eje A, Objetivo A1).
- Favorecer y apoyar al interior de las universidades, políticas de formación basadas en competencias, que permitan mejorar la continuidad de la carrera de los alumnos, en especial de aquellos que trabajan. (Eje A, Objetivo A3).
- Propiciar innovaciones en las metodologías de evaluación y formación práctica, que permitan evaluar competencias que acrediten conocimientos de alumnos avanzados que están realizando tareas relacionadas con la profesión, de modo que los mismos puedan ser considerados créditos académicos. (Eje A, Objetivo A4).

Más allá de que algunos avances se realizaron hacia estos objetivos, no menos cierto es que fueron muy pocos, y en general, el colectivo docente recuerda al PEFI por el componente “Apoyo económico para alumnos avanzados” [2].

### **2013 - Declaración de Valparaíso**

En 2013, en la ciudad de Valparaíso (Chile) la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) adopta como propias las Competencias Genéricas que habían sido establecidas por el CONFEDI en el año 2006. A dicho hecho histórico y trascendental para CONFEDI se nombró como “Declaración de Valparaíso”.

### **2015 - Perfil del Ingeniero Iberoamericano**

El Perfil del Ingeniero Iberoamericano fue aprobado por ASIBEI, en noviembre de 2015, en la ciudad de Ushuaia, Argentina.

Se plantea el Perfil del Ingeniero Iberoamericano sobre la base de cuatro dimensiones: Académica, Profesional, Ambiental y Social.

#### **- Declaración de Ushuaia / Formación de Profesores**

La ASIBEI también incluyó entre sus ejes estratégicos la Formación de Profesores de Ingeniería en la Declaración de Ushuaia de noviembre de 2015. ASIBEI menciona también algunas condiciones para el profesor deseable de ingeniería, entre las cuales se destaca “ser un profesional de la docencia” y “ser de amplia cultura, y trascender las limitaciones disciplinares”. Además, ASIBEI aprueba en la Declaración de Ushuaia el documento propuesto por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), sobre “la formación de profesores, como una expresión de lo que entendemos debemos hacer para contribuir a la educación de los futuros ingenieros iberoamericanos, resaltando la responsabilidad social de su profesión” [9].

### **2016 - Sistema Nacional de Reconocimiento Académico**

Otro tema reciente de alto impacto en el modelo de Formación por Competencias es la creación del Sistema Nacional de Reconocimiento Académico de Educación Superior por parte del Ministerio de Educación y Deportes de la Argentina, mediante la Resolución 1870-E/2016, que además adopta un sistema de créditos tomando como unidad de medida el “Reconocimiento de



Trayecto Formativo” (más conocido como RTF), muy similar al utilizado en Europa y algunos países iberoamericanos [2].

### **2017 - Marco Conceptual y Nuevos Estándares**

El 19 de mayo de 2017, en la ciudad de Oro Verde (provincia de Entre Ríos), fue presentado, discutido, consensado y aprobado por asamblea de CONFEDI el documento “Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería”. En dicho documento se incluyen las Competencias Genéricas de las ingenierías y una serie de aspectos o dimensiones a contemplar para el desarrollo institucional y de las carreras.

### **2018 - Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina - Libro rojo**

El corriente año, en la 63° Reunión y Asamblea Plenaria del CONFEDI, realizada en la ciudad de Rosario entre el jueves 31 de mayo y el viernes 1 de junio se aprobó el documento “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”. Documento que fue presentado ante la SPU, el CIN y el Consejo de Rectores de las Universidades Privadas (CRUP) el 6 de junio, fecha en la que se conmemora en nuestro país el “Día de la Ingeniería Argentina”.

Esta propuesta de estándares es producto de 18 meses de labor de una comisión ad hoc que trabajó primero en el marco conceptual del documento, y, posteriormente, en lo referido a competencias específicas y descriptores de conocimiento, que fueron consensuados y aprobados por las Facultades socias. Para lograr este consenso, el CONFEDI instó a la creación de 25 redes de carrera en las cuales más de 500 directores o coordinadores de carreras de todas las Facultades del país trabajaron en sus respectivas terminales en un proceso comprometido, participativo y democrático que obtuvo el respaldo unánime del plenario de Decanos que se reunió en octubre de 2017 en la ciudad de Mar del Plata.

Esta propuesta incorpora un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias, tanto genéricas de egreso del ingeniero (argentino e iberoamericano), como específicas de cada terminal. Este enfoque, sumado a algunos aspectos claves en cuanto a las condiciones generales y curriculares en este sentido, contribuirá a una mejora de la efectividad en el proceso de formación, y de los indicadores de retención, duración real y graduación del sistema.

El flamante documento de CONFEDI, denominado “Libro Rojo”, continúa una tradición de formulación de propuestas por parte de este Consejo que encuentra sus antecedentes en los documentos “Unificación Curricular en la Enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina”, editado en 1996 y conocido como “Libro Azul”; y la “Propuesta de Acreditación de Carreras de Grado”, publicada en el 2000 como “Libro Verde”. Dichos documentos han resultado insumos de valor para todos aquellos que intervienen en el proceso de enseñanza de las Ingenierías en el país.

Cabe señalar que esta propuesta se realiza conforme lo establecido en la Resolución 989/2018 del Ministerio de Educación “Documento marco sobre la formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado” y tomando como referencia las Actividades Reservadas Profesionales aprobadas por el mismo Ministerio mediante la Resolución 1254/18 [10].

### **2.1. El rol del CONFEDI en la transformación de la ingeniería en la Argentina**

Como se evidencia en la línea de tiempo descripta, la educación en ingeniería en la Argentina tiene un antes y después de CONFEDI. Su rol en el aseguramiento de la calidad de la formación, el trabajo cooperativo entre las unidades académicas miembros y su relación con las de otros países, ha sido fundamental en estos años y han posicionado a la ingeniería argentina en un lugar de referencia en la región.

En una sociedad cada vez más globalizada y con exigencias crecientes de desarrollo, le cabe a la ingeniería un rol fundamental en lo que hace a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente, que requiere de profesionales con una visión amplia, abarcativa y sistémica del mundo, tanto desde lo técnico como desde lo social. En este esquema, las instituciones de enseñanza de ingeniería aparecen como uno de los pilares del sistema, como consecuencia directa de la naturaleza y la vastedad del campo del conocimiento que generan y están en condiciones de transmitir.

El CONFEDI declara que *“El mundo actual demanda a la Universidad en general, y a las Facultades de Ingeniería en particular, la formación de personas responsables, con conciencia ética y solidaria, reflexivas y críticas, capaces de actuar transdisciplinariamente, de adaptarse y liderar los cambios acelerados que caracterizan los tiempos modernos y que en su ejercicio profesional y con visión amplia y sistémica contribuyan a una mejor calidad de vida, del hombre individual, y de la sociedad en general, al desarrollo sostenible regional y nacional, al respeto al hombre y a la humanidad, al ambiente, a las instituciones de la República, a la vigencia del orden democrático y a la paz social”* [4]. Lo cual constituye un desafío que asume para sus miembros y para las asociaciones colegas de la región.



A continuación, se destacan algunos datos sobre CONFEDI:

- Desde el 13 de noviembre de 1998 cuenta con personería jurídica como Asociación Civil sin fines de lucro.
- Es miembro fundador de ASIBEI, Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de Ingeniería.
- Actúa como entidad de representación de la formación universitaria en ingeniería de la Argentina, velando por la calidad, dignidad e imagen en la sociedad de la ingeniería en general, y de la educación en ingeniería en particular.
- Reúne a decanos (miembros activos) y ex decanos (miembros adherentes) que se reúnen semestralmente en reuniones plenarios en las diferentes sedes de las facultades de ingeniería de la Argentina. La dirección y administración del CONFEDI está en manos de un Comité Ejecutivo que se elige anualmente en reunión plenaria de socios y por una serie de comisiones temáticas que coordinan el trabajo colegiado. Las comisiones son las de: Enseñanza; Ciencia y Tecnología; Posgrado; Extensión y Transferencia; Relaciones Internacionales; Reglamento; y Presupuesto. El Comité Ejecutivo se reúne mensualmente en su sede de Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Hoy en día, más de 100 facultades o departamentos de ingeniería integran el CONFEDI.

### 3. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se realiza investigación documental y bibliográfica y se realiza un análisis FODA.

Respecto a la investigación documental y bibliográfica, se utiliza la técnica de análisis de contenido de documentos. Con relación a la bibliografía se indagaron publicaciones recientes de referentes nacionales.

A partir del análisis FODA se obtienen los elementos para formular las acciones que le permitan a la institución: explotar las fortalezas internas y las oportunidades externas; la amortiguar y proteger ante la afección de amenazas externas; y corregir las debilidades críticas. Se espera lograr una comprensión global del rol que desempeña el CONFEDI en este cambio de paradigma que tiene como objetivo la implementación de una educación superior en el área de ingeniería basada en competencias y estimar el *gap* entre el estado actual y el estado deseado.

### 4. ANÁLISIS FODA

A partir de la información recopilada se realiza un análisis FODA (Figura 2) para evaluar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que se desprenden del proceso de diseñar una nueva política de educación superior.

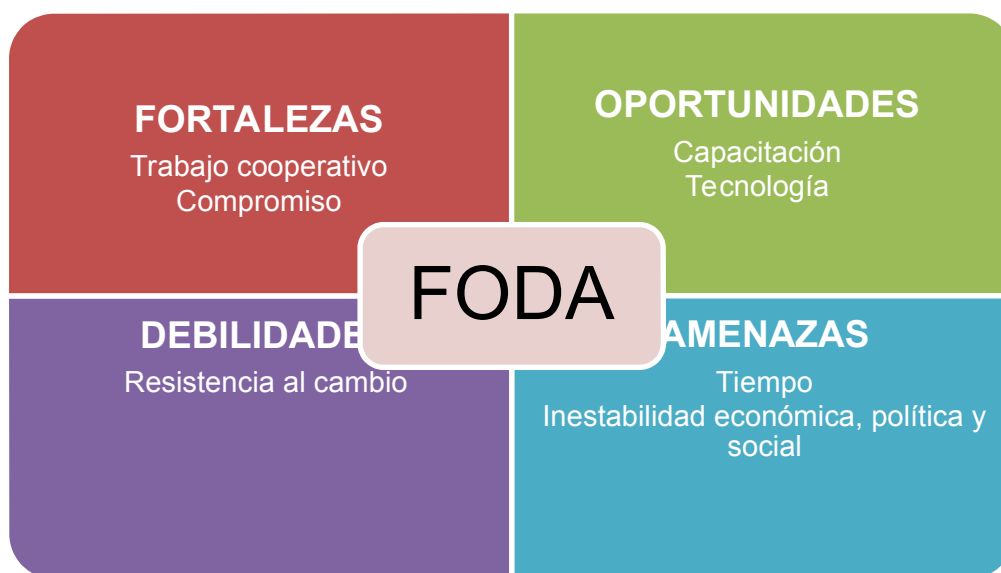


Figura 2: Análisis FODA.  
Fuente: elaboración propia.

Se considera como "Fortaleza" a aspectos internos que coadyuvan al cambio del modelo educativo. El trabajo cooperativo entre instituciones educativas, organismos y organizaciones ha permitido el avance del proceso que tiene como objetivo la implementación de una educación superior en el área de ingeniería basada en competencias. Además, el compromiso de todos los actores de este proceso ha sido fundamental para que el paso del tiempo no impida la consecución de dicho objetivo.

Las “Debilidades” son aspectos negativos, internos al proceso, que podrían ser superados con determinadas acciones. La gran debilidad de todo proceso que implica un cambio es la resistencia al cambio ya que en general hay una tendencia a resistirse a los cambios por la incertidumbre que esto genera.

Los aspectos externos al proceso, sobre los que no se tienen control y representan un riesgo para propiciar un cambio en el modelo educativo, son considerados “Amenaza”. La inestabilidad económica, política y social repercute directamente en la educación pública. Las políticas educativas determinadas en diferentes contextos podrían dificultar la implementación del nuevo modelo educativo basado en competencia. Por otro lado, está evidenciado que la decisión de cambiar el modelo educativo y la implementación de dicho cambio se ha extendido en el tiempo. Esta situación pondría en riesgo el cambio ya que con el paso del tiempo podría suceder que el modelo propuesto quede obsoleto antes de poderlo implementar.

Finalmente, se cree que los aspectos positivos, internos al proceso, que se generan en el entorno y que, una vez identificados, podrían ser aprovechados en la implementación de un nuevo modelo educativo son “Oportunidades”. Actualmente, y a diferencia de cuando se comenzó a discutir la formación basada en competencias, hay una gran variedad de herramientas para capacitarse y prepararse para llevar a cabo el cambio planteado. El aprovechamiento de nuevas tecnologías y herramientas con las que se cuenta hoy en día es primordial para concretar e implementar el nuevo modelo educativo.

Las acciones que a nuestro entender se deberían encarar desde las instituciones para plasmar los logros del trabajo realizado desde el CONFEDI y en función del análisis FODA serían (ver Figura 3):

- Aprovechar el trabajo cooperativo y el compromiso para generar capacitación utilizando la tecnología.
- Disminuir la resistencia al cambio a través de la capacitación.
- Aprovechar el trabajo cooperativo y el compromiso para disminuir los tiempos del proceso de cambio y la incidencia de la inestabilidad económica, política y social.
- Disminuir la resistencia al cambio buscando alternativas para que la incertidumbre que genera la inestabilidad económica, política y social no afecte el proceso de cambio.



**Figura 3:** Matriz FODA para el proceso de cambio del modelo educativo

**Fuente:** elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

Nos encontramos transitando un cambio en el modelo educativo, el cual va a implicar ingresar en un proceso de mejora continua para poder hacer frente a una mutación permanente en los alcances del título de ingeniero. Para enfrentar este cambio, es dispar el punto de partida de las instituciones intervinientes, debido a que algunas continuaron el proceso iniciado en el año 2006 y otras no. Es decir, el *gap* entre este estado actual y el estado deseado, en cuanto a la formación de ingenieros con un modelo centrado en el estudiante se podría analizar en dos planos.

El primer análisis podría ser evaluar el estado actual de cada facultad donde se dictan carreras de ingeniería en relación a su grado de avance en la adecuación de sus planes curriculares por competencias. Si bien no se ha realizado un relevamiento formal por no ser un objetivo de este trabajo, se podría decir que a través de compartir con colegas de todo el país: eventos científicos comunes a todas las terminales de ingeniería y específicos por área de conocimiento, redes de cooperación en temas vinculantes como las tutorías universitarias, redes institucionales como la AACINI (Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería), y capacitaciones interinstitucionales; se podría verificar que si bien hay facultades que han tenido un desarrollo sostenido en su política, acercándose más a un modelo centrado en el estudiante y educación basado en competencias, no se podría generalizar. Esto se debe a que se conocen más experiencias aisladas de cátedras que experiencias institucionales, éstas buenas prácticas en el aula se darían por el impulso de docentes innovadores en generar una mediación pedagógicas en tal sentido.

El segundo plano del análisis podría versar en explorar el impacto que deriva de las acciones del CONFEDI para minimizar este *gap*. Sin duda la escritura del “Libro Rojo” sería un punto de inflexión, porque ratifica tantos años trabajados con compromiso y decisión sobre el modelo de un aprendizaje centrado en el estudiante en base a un modelo de competencias. Asimismo, la formación de 300 docentes de todo el país en este modelo de aprendizaje-enseñanza que lidera, organiza y coordina el CONFEDI con apoyo y financiamiento de la SPU sería otra de éstas acciones. Con estos docentes movilizados al cambio y su labor para replicar las formaciones al interior de sus unidades académicas, a través de esquemas propios, estrategias definidas según cada realidad político-social en un contexto regional determinado el *gap* debería comenzar a reducirse.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Agulla, J. C. (1994). Diagnóstico de la universidad argentina. *Universidad y Sistema Educativo*. Buenos Aires. CINAE.
- [2] Kowalski, V. A.; Erck, I. M.; Enríquez, H. D. (2018). “Módulo 1: Competencias y Resultados de Aprendizaje”. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias. Universidad Nacional de Misiones.
- [3] Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de Rosario. “Antecedentes históricos de la enseñanza de la ingeniería”. Universidad Nacional de Santa Fé. Disponible en:  
[https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/La%20Facultad/Antecedentes\\_historicos\\_de\\_la%20ensenanza%20dela\\_ingenieria.pdf](https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/La%20Facultad/Antecedentes_historicos_de_la%20ensenanza%20dela_ingenieria.pdf)
- [4] CONFEDI. (2018). Institucional de la página web. Disponible en:  
<https://confedi.org.ar/autoridades-ce/>
- [5] Onaine, A. E.; Artigas, M. V. (2018). Taller “Educación por competencias”. XXIX EPIO - XXXI ENDIO. 6, 7 y 8 de junio. Mar del Plata, Argentina.
- [6] CONFEDI. (2000). *Propuesta para la Acreditación de Grado de Ingeniería en la República Argentina: Manual de Acreditación para carreras de Ingeniería en la República Argentina*. Libro Verde. Buenos Aires. CONFEDI.
- [7] Morano, D. (2018). “La Formación de ingenieros en Argentina. El proceso de aseguramiento de la calidad.” *Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: Experiencias en América Latina*. Pág.: 41-73. Bogotá, Colombia.
- [8] CONFEDI. (2018). “Competencias de Ingreso y egreso”. *30 años, 30 historias*. Página web del CONFEDI. Disponible en: <https://confedi.org.ar/competencias-de-ingreso-y-egreso/>
- [9] CONFEDI. (2016). “Competencias y Perfil del Ingeniero Iberoamericano, Formación de Profesores y Desarrollo Tecnológico e Innovación”. *Documentos Plan Estratégico ASIBEI*. Bogotá, Colombia. ASIBEI.
- [10] CONFEDI. (2018). “Propuesta de estándares de segunda generación - Libro Rojo”. Página web del CONFEDI. Disponible en: <https://confedi.org.ar/librorojo/>

# Haciendo foco en la conceptualización de las competencias: análisis del impacto para las carreras de Ingeniería

Artigas, María Velia\*; Onaine, Adolfo Eduardo; Santille, Luciana Soledad

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Av. Juan B. Justo 4302, 7600, Mar del Plata. mvartigas@hotmail.com*

## RESUMEN.

Las Universidades y en particular, las Facultades de Ingeniería están atravesando un momento bisagra dado los acuerdos entre el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería) y el Ministerio de Educación, representado por la SPU (Secretaría de Políticas Universitarias), en relación a la adopción de nuevos estándares para la acreditación de las carreras. Lo cual implica un modelo centrado en el estudiante en una educación por competencias. Si bien este cambio data del año 2005 cuando en el libro Azul se menciona por primera vez el término de competencias, hoy se propone llevar a cabo esta modificación.

La planificación de tales cambios supone como primera medida un análisis previo y exhaustivo de las conceptualizaciones sobre competencias en el plano internacional y nacional.

Por tanto, se plantea estudiar el estado del arte sobre las competencias y su impacto en los resultados de aprendizaje en las ingenierías.

En suma, con esta contribución se busca integrar conocimientos preexistentes a la luz de una política universitaria vigente para poder comprender los resultados tanto en términos de posibles logros como así también evaluar las posibles limitaciones que este cambio deberá enfrentar.

**Palabras Claves: competencias, política de educación superior, impacto, ingenierías.**

## ABSTRACT

The Universities and in particular, the Faculties of Engineering are going through a hinge moment given the agreements between the CONFEDI (Federal Council of Deans of Engineering Faculties) and the Ministry of Education, represented by the SPU (Secretary of University Policies), in relation to the adoption of new standards for the accreditation of careers. This implies a model centered on the student in a competency education. Although this change dates back to the year 2005 when the term "competencies" was mentioned in the Blue book, today it is proposed to carry out this modification.

The planning of such changes supposes as a first measure a previous and exhaustive analysis of the conceptualizations about competences in the international and national level.

Therefore, it is proposed to study the state of the art on competences and their impact on learning outcomes in engineering.

In summary, this contribution seeks to integrate pre-existing knowledge in the light of a current university policy to understand the results both in terms of as well as assess the possible limitations that this change must face. In summary, this contribution seeks to integrate pre-existing knowledge in the light of a current university policy in order to understand the impacts both in terms of possible achievements and to assess the possible limitations that this change must face.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo laboral está en constante cambio, y se le pide al profesional ingeniero que le aporte valor a la organización y ello ya no se consigue sólo con un coeficiente Intelectual de alto nivel, sino que es necesario desarrollar un coeficiente emocional con cualidades como: constancia, flexibilidad, optimismo y perseverancia entre otros.

Por otra parte, autores de la psicología del trabajo describen al escenario actual como: dinámico, dado que cambia en cuanto a las exigencias y demandas para los profesionales constantemente; se dice que está precarizado, porque existen contratos basura y trabajo no registrado; y es flexible en cuanto a que ofrece condiciones de trabajo por proyectos (*freelance*) a jóvenes profesionales ingenieros para evitar lazos que suponen una inversión en la gestión de recursos humanos [1,2,3]. Así como también, autores como Tsianos & Papadopoulos [4] establecen que estas condiciones que propone el mercado laboral trae aparejado consecuencias nocivas para la salud de los trabajadores, como podrían ser el agotamiento psico-físico, la alta competencia interna, las dependencias afectivas, la vulnerabilidad, y la sobre-adaptación entre otras.

Entonces la precedente caracterización de un mundo profesional competitivo y demandante obliga a las facultades de ingeniería a replanteos en cuanto a la formación del futuro profesional. Por tanto la Formación Centrada en el Estudiante se establece como un marco para facilitar la Educación basada en competencias; por lo cual serán las conceptualizaciones sobre el tema y su impacto, el eje central del presente trabajo.

### 1.1. Contexto del mercado laboral y formación de ingenieros

Una primera definición de competencias podría ser la dada por Perrenoud [5, 6] quien enuncia que las competencias presuponen conocimientos, operaciones mentales, capacidades para usar diversas habilidades y empleo de actitudes adecuadas a la realización de tareas. Las competencias cobran sentido contextualizadas, ello implica que siempre están relacionadas a contextos determinados, ya sean profesionales y/o condiciones sociales determinadas.

Entonces para comprender el impacto de este modelo de formación basado en competencias hay que ser capaces de interpretar lo que el contexto señala. En el año 2007 la revista Forbes publicó cuáles eran las competencias y habilidades profesionales destacadas para el mundo del trabajo: trabajo en equipo, resolución de problemas, comunicación eficaz, organización, análisis y procesamiento de información, análisis de datos cuantitativos, conocimientos técnicos relacionados con el trabajo, manejo de los programas de software, edición y redacción de informes de venta y marketing y gestionar la imagen de la corporación [7].

En realidad, muchas de ellas coinciden con las competencias genéricas enunciadas por el CONFEDI [8] como Competencias Tecnológicas:

- 1) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- 3) Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- 5) Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones.

Así como también como Competencias Sociales Políticas y Actitudinales:

- 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- 7) Comunicarse con efectividad.
- 8) Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- 9) Aprender en forma continua y autónoma.
- 10) Actuar con espíritu emprendedor.

En línea con ello, autores como Neiva [9] intentan establecer cuáles son las diez competencias más buscadas por el mercado laboral:

**Adaptabilidad:** se fundamenta en la idea de que las empresas hoy en día están constantemente en proceso de mudanza para acompañar los frecuentes virajes en el panorama económico mundial, y ello impacta en que las empresas puedan sobrevivir financieramente en la dura competición de mercados.

**Creatividad:** entendido como el proceso a través del cual las ideas son generadas, desarrolladas y transformadas en valores; es decir, cómo descubrir maneras nuevas y efectivas de lidiar con el mundo, de resolver problemas y ampliar el círculo de influencias.

Iniciativa: capacidad para pasar a la acción, el mercado busca profesionales que respondan de forma ágil y rápida a las demandas cotidianas.

Facilidad para la Comunicación: con el advenimiento de la tecnología surgieron varios instrumentos de comunicación. Internet permite que la comunicación se haga a gran velocidad y atravesar distancias enormes; ello implica saber exponer de forma clara las ideas, ser capaz de observar los hechos y ser receptivo a los otros.

Facilidad para las relaciones interpersonales: sería relacionarse fácilmente con los otros, exige ser empático, estar conectados “*network*”, o sea de la red de contactos, pues ella con frecuencia facilita, desde nuevas oportunidades profesionales, hasta el intercambio de información, la realización de negociaciones y asociaciones.

Capacidad de solucionar problemas: pensada como una parte de la rutina cotidiana de trabajo en todas las actividades laborales; lo que cambia es el tipo y dimensión de los mismos.

Capacidad para trabajar en equipo: se vive en un mundo globalizado que exige que la tarea se realice en equipos, muchas veces compuestos por personas que están en otras latitudes de distancia. No es fácil trabajar en conjunto, pues eso requiere exponer ideas y saber escuchar a los demás; aceptar sugerencias, respetar las diferentes opiniones, colaborar, construir juntos, aceptar los límites propios y de los otros miembros del equipo; conocer el lenguaje de los demás profesionales y estar disponible para el otro.

Liderazgo: significa la capacidad de influenciar al jefe, los subordinados y los pares; no importa el tamaño del equipo de trabajo, éste siempre necesitará de un líder y en función de la situación el líder puede cambiar, lo que conocemos como liderazgo situacional. El mercado de trabajo busca personas que tengan un liderazgo situacional; en algún momento o actividad profesional, asumir el papel de líder y conquistar así seguidores.

Espíritu emprendedor: significa el saber mostrar su conocimiento y valor, su “*know how*”, saber vender su producto o proyecto.

Dominio de nuevas tecnologías de comunicación e información: Internet ha cambiado las relaciones y lugares de trabajo. Con el teletrabajo se trabaja en cualquier lugar, ya no se necesita estar físicamente en la empresa o escritorio.

## **2. METODOLOGÍA**

Al tratarse de un trabajo teórico se procedió a buscar, seleccionar, interpretar y analizar las distintas fuentes bibliográficas directas e indirectas.

En una fase posterior los autores con los textos seleccionados, proceden a compararlos para establecer criterios de escritura que permitan un orden secuencial del material.

Todo ello se pudo lograr a partir del trabajo grupal, que permite un intercambio y el debate constante de ideas.

## **3. FORMACIÓN BASADA EN COMPETENCIAS**

### **3.1. Historia del término**

Kowalski, Erck y Henrriquez [10] postulan que, en relación a la diferenciación de términos, hay que considerar que las aparentes inconsistencias radican en modelos educativos sustantivamente diferentes. Por tanto es conveniente estar alertas para no quedar entrampados y terminar sosteniendo, por ejemplo, que Educación Basada en Competencias es sinónimo de Educación Basada en Resultados. Sin embargo los autores acuerdan que las competencias aluden a integración de saberes, conductas – acciones y actitudes.

Tobón [11] sostiene que la cuestión con las competencias va mucho más atrás de lo que generalmente se piensa. Siguiendo a este autor, se pueden identificar los siguientes puntos en el tiempo:

Sociedades Antiguas:

- Referencia de algunos términos cercanos al concepto de “competencia”.
- Existe la concepción de que las personas deben actuar en la realidad con dominio de las cosas.

Siglo XVI:

- Se evidencia el uso del término competencias en varios idiomas.

Década de 1960:

- Se inicia el empleo del término “competencia” en el área del lenguaje.

Décadas de 1970 y 1980:



- Construcción teórica del concepto por fuera del lenguaje.
- Aplicación el concepto en la gestión humana y la educación.

Década de 1990:

- Se comienzan a elaborar modelos amplios para aplicar las competencias en los diferentes niveles educativos.

Década de 2000:

- Aplicación masiva del concepto de “competencias” en las políticas educativas de muchos países.
- Nuevos desarrollos teóricos desde el pensamiento complejo en la educación.

Mastache [12] comenta que la preocupación por las competencias, que aparecen como una innovación actualmente en nuestro contexto, en realidad habría surgido entre fines de los 60 e inicios de los 70, en el ámbito de los negocios. Luego, los cambios en el paradigma productivo habrían dado lugar a nuevas exigencias en cuanto a la formación, universalizando la aplicación del concepto de competencia en la década del 80, pasando a ser uno de los ejes de la actividad laboral. La mayoría de los referentes reconocen que el propulsor del concepto de Competencia Laboral fue David McClelland, un psicólogo estadounidense conocido por la Teoría de las Necesidades.

En relación a los referentes que definen las Competencias Laborales existen acuerdos en que los siguientes tres autores son los más representativos:

*“Capacidad real para lograr un objetivo o resultado en un contexto dado” [13].*

*“Competencia es una característica subyacente de un individuo que está causalmente relacionada con un estándar de efectividad y/o performance superior en un trabajo o situación” [14].*

*“Características de determinadas personas que hacen que su comportamiento sea especialmente satisfactorio en el entorno en el cual se desenvuelven” [15].*

Dado que la competencia es un comportamiento superior en relación con un estándar de éxito en un puesto o situación determinada, estas definiciones no se podrían aplicar directamente al campo educativo, tal como es concebida por estos autores.

En el caso de Spencer y Spencer [14] se intenta realizar una metodología basadas en el uso de muestras criterio y de identificación de conductas operantes causalmente relacionadas a resultados exitosos, en base a observación en terreno y entrevistas. Sus investigaciones, que eran aplicadas originalmente al campo de la diplomacia norteamericana, demostraron cómo ciertas habilidades específicas descubiertas (por ejemplo: sensibilidad interpersonal e intercultural, valoración positiva de los demás y rapidez de aprendizaje de redes políticas de influencia), y son capaces de predecir el desempeño futuro de jóvenes diplomáticos, cosa que no permiten test estandarizados de conocimiento e inteligencia. Lo cual se traduce a desarrollos posteriores como el enfoque de evaluación de competencias laborales; cuyos primeros exponentes fueron Boyatzis en los años 1981 y 1982 y los ya mencionados Spencer & Spencer en el año 1993. Los autores plantean que toda competencia tiene cinco dimensiones posibles, centrales (motivos, rasgos, autoimagen) o periféricas (conocimientos y destrezas).

Siguiendo a Tobón, Fraile y Prieto [16], citado por Kowalski [10] señalan que las competencias, desde el mundo educativo, surgieron “como una alternativa para abordar las falencias de los modelos y enfoques pedagógicos tradicionales, como el conductismo, el cognoscitivismo y el constructivismo, aunque se apoyen en algunos de sus planteamientos teóricos y metodológicos”. Sin embargo, esto se desarrolló desde otra mirada con una lógica diferente: “transitando de la lógica de los contenidos a la lógica de la acción” [16].

### **3.2. Proyecto Tuning**

El Proceso de Bolonia, que comenzó con la Declaración de Bolonia en el año 1999, fue firmado por los Ministros de Educación, mayoritariamente de la Unión Europea, además de otros como Turquía y Rusia. Si bien no fue un acuerdo vinculante permitió la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que se transformó en un espacio de trabajo que posibilitó varios cambios en la educación. Algunos puntos a rescatar de esta declaración son:

1. Adopción de un sistema de titulaciones fácilmente comprensible y comparable.
2. Establecimiento de un sistema común de créditos (obtenibles también por fuera de las instituciones de Educación Superior).
3. Promoción de la movilidad.

4. Promoción de la cooperación europea en el control de calidad (metodologías y criterios comparables).

5. Promoción de las dimensiones europeas necesarias en la Educación Superior (desarrollo curricular, cooperación institucional, esquemas de movilidad, ...).

Las palabras clave transversales que surgen de estos puntos son: comparables, créditos (inclusive por fuera de las instituciones), movilidad, metodologías y criterios comparables.

Es decir, no se buscaba una homogeneización de la Educación Superior, lo cual sería impensable, sino un sistema que permitiera poder hacer equivalentes las diferentes formaciones.

En la actualidad, la Europa del conocimiento está ampliamente reconocida como un factor irremplazable para el crecimiento social y humano y es un componente indispensable para consolidar y enriquecer a la ciudadanía Europea, capaz de dar a sus ciudadanos las competencias necesarias para afrontar los retos del nuevo milenio, junto con una conciencia de compartición de valores y pertenencia a un espacio social y cultural común [17].

Aguilar Joyas [18] señala que hasta finales del año 2004 el proyecto Tuning era una experiencia exclusiva de Europa, un logro más, de 175 universidades europeas que desde el año 2001 llevaron adelante un intenso trabajo en pos de la creación del Espacio Europeo de Educación Superior como respuesta al desafío planteado por la Declaración de Bolonia, y así es como nació el proyecto Tuning – América Latina 2004-2006 dentro de un contexto de intensa reflexión sobre educación superior, tanto en lo regional como internacional llamado Proyecto Alfa Tuning América Latina [19].

### 3.3. Proyecto Tuning América Latina

Aguilar Joyas expone [18] que el proyecto Tuning en América Latina surgió como una iniciativa de las universidades para las universidades, en el cual se involucraron cerca de 180 instituciones de educación superior en 18 países latinoamericanos. El propósito básico era iniciar un debate para identificar e intercambiar información, mejorar la colaboración entre las universidades, además de desarrollar la calidad, efectividad y transparencia del sistema educativo. Una de sus metas consistió en “impulsar consensos a escala regional sobre la forma de entender los títulos, desde el punto de vista de las competencias que los poseedores de dichos títulos serían capaces de alcanzar” [19]. Se plantearon cuatro grandes líneas de trabajo:

- 1) competencias (genéricas y específicas de las áreas temáticas);
- 2) enfoques de enseñanza, aprendizaje, y evaluación de estas competencias;
- 3) créditos académicos;
- 4) calidad de los programas.

Como se observa, la Formación por Competencias en realidad no es realmente una novedad, ya que estamos cerca de cumplir tres décadas de por lo menos nombrar el tema en el mundo académico.

Algunas competencias del Tuning Europa fueron reagrupadas y redefinidas por el proyecto latinoamericano. Además, estos autores resaltan que “el proyecto latinoamericano incorpora tres competencias nuevas: responsabilidad social y compromiso ciudadano, compromiso con la preservación del medio ambiente y compromiso con su medio socio-cultural”, en tanto igual cantidad no fueron consideradas en la versión latinoamericana [19].

### 3.4. Definiciones

Si bien existe una definición propuesta por CONFEDI en el año 2006 y que se ha mantenido en diversos documentos y publicaciones, incluyendo el documento de Oro Verde, es interesante indagar otras conceptualizaciones al respecto, teniendo en cuenta que son diferentes aproximaciones y no verdades absolutas.

Klemp/Aguilar Joyas (1980) en Roegiers [20]: *Considerar las competencias como características del individuo relacionadas con el desempeño superior.*

Gerard/Roegiers (1993) en Roegiers [20]: *Conjunto integrado de capacidades que permite, de manera espontánea, comprender una situación y responder a ella de manera más o menos pertinentemente.*

De Ketele (1996) en Roegiers [20]: *Conjunto ordenado de capacidades (actividades) que son ejercidas sobre contenidos en una categoría dada de situaciones para resolver problemas que se presentan.*



Cullen (1997) en Roegiers [20]: *Complejas capacidades integradas, en diversos grados, que la escuela debe formar en los individuos para que puedan desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos de la vida social y personal, sabiendo ver, hacer, actuar y disfrutar convenientemente, evaluando alternativas, eligiendo las estrategias adecuadas, y haciéndose cargo de las decisiones tomadas.*

Le Boterf (2001) en Roegiers [20]: *Un saber actuar, es decir un saber integrar, movilizar y transferir un conjunto de recursos (conocimientos, saberes, aptitudes, razonamientos, etc.) en un contexto dado para enfrentar diferentes problemas o para realizar una tarea. La competencia es una construcción, es el resultado de una combinación pertinente de varios recursos cognitivos (conocimientos, redes de información, redes de relación, saber hacer).*

Perrenoud (2002) [21]: *Capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos. Para enfrentar una situación de la mejor manera posible, generalmente debemos hacer uso y asociar varios recursos cognitivos complementarios, entre los cuales se encuentran los conocimientos.*

Tuning (2006) [22]: *Las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de los valores éticos.*

Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC) (2009) [23]: *Demostrada capacidad para utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales y metodológicas, en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal.*

Aquí las competencias se describen en términos de responsabilidad y autonomía.

CONFEDI (2006) [22]: *Es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.*

Roegiers (2007) [20]: *Posibilidad, para un individuo, de movilizar, de manera interiorizada, un conjunto integrado de recursos con miras a resolver una familia de situaciones-problemas.*

Tobón (2013) [11]: *Son procesos complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad.*

El concepto de competencia está enfatizado en las capacidades y/o habilidades, conocimientos, destrezas, saber, hacer y saber hacer del ser humano que le permiten desempeñarse en el entorno donde se encuentre y de esta manera desenvolverse ante cualquier eventualidad o adversidad de los contextos.

Por lo tanto, más allá de la concepción de competencias que más se ajuste a la realidad de una institución educativa, se debe comprender que se está frente a un cambio de lógica cuando se quiere abordar un plan de estudios a través de un Modelo de Formación por Competencias. Los saberes conocer, hacer y ser, son considerados meramente “recursos” (herramientas) los cuales carecen de valor en tanto el profesional no logre articularlos o movilizarlos adecuadamente para resolver un Problema Profesional. Este concepto es el eje central de la Formación por Competencias. Por lo cual, desconocer ello, sería más de lo mismo de lo que ya se tiene. Se podría decir que a partir de los Problemas Profesionales que se pretenda resolver, se formulan las Competencias. Luego, los recursos, es decir los distintos tipos de saberes deben estar alineados con ellas.[9].

Cukierman [24], señala que en el enfoque tradicional de la educación, centrado en el profesor, se habla de la “transmisión” del conocimiento. En cambio, en el aprendizaje centrado en el estudiante (ACE), el foco está puesto en lo que el estudiante hace para aprender y el profesor es el guía o “facilitador” ya que, desde su conocimiento y experticia, tanto de su rol docente como de la disciplina de que se trate, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento. Existen quienes, desde el desconocimiento o el prejuicio, suponen que este enfoque implica una desvalorización del rol docente; muy por el contrario, este enfoque requiere del docente un rol tanto o más importante y decisivo para el proceso educativo, por cuanto no puede limitarse a “dictar” la clase, sino que debe generar las actividades que permitan que los estudiantes aprendan y, además, asegurarse que eso ocurre por medio de una efectiva evaluación.

#### **4. COMPARACIÓN DE DOCUMENTOS DEL CONFEDI**

#### **4.1. Clasificación de competencias**

Con respecto a las Competencias, específicamente para Ingeniería Industrial, la actividad podemos decir que comienza con una reunión en la FI-UBA, de fecha 11 de abril 2006, en la cual se genera un documento para presentar al CONFEDI para ser analizado por las terminales de dicha carrera. Se expresa que “En el caso de Ing. Industrial, donde el foco de la carrera no es una tecnología determinada (electrónica, química, etc.), puede que las mismas competencias que son específicas para Industrial, sean genéricas para otras carreras, habría que ver la forma de evidenciar el nivel de detalle en que se desarrolla cada competencia en cada terminal, ya que seguramente se van a nombrar en ambas”. Se concluye con la definición de 11 Competencias genéricas si bien una de ellas es considerada como una específica primordial de la carrera. La labor desarrollada por cada una de las terminales se concluye en un documento aprobado en el 40° plenario de decanos realizado en la ciudad de Bahía Blanca en octubre de 2006 [25].

El trabajo de mejora continua encarado por el CONFEDI impulsó la creación de redes de Directores de Carrera de 24 terminales de ingeniería durante el año 2017, a partir de las cuales se formularon las propuestas de estándares. Estas redes propusieron las Competencias Específicas y Descriptores de Conocimiento relacionados con las Actividades Reservadas. Las propuestas da como resultado el documento denominado Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería [8]. En él se observa que se identifican dos tipos de competencias sub-divididas en Competencias de Ingreso y Competencias de Egreso a las carreras. En las Competencias de Egreso, se mantiene la clasificación de Competencias Genéricas y Competencias Específicas que sobre la que se estuvo trabajando desde el 2006, sin embargo a las Competencias Genéricas se las indica como Tecnológicas o Sociales, Políticas y Actitudinales.

Pimienta Prieto [26] presenta las “tres dimensiones de las competencias”: Saber conocer, Saber hacer y Saber ser. También señala este autor que “Sería inadecuado afirmar que una competencia es un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, procedimientos, actitudes y valores, puesto que, durante el desempeño, precisamente todo eso es lo que activa una competencia en un sujeto”. La competencia no es un collage ni una yuxtaposición de saberes.

Finalmente, el CONFEDI con el respaldo de la SPU, ante la necesidad de motorizar el cambio hacia este modelo del ACE y la formación por competencias, actualmente desarrolla un programa de capacitación nacional a 300 docentes de las diferentes facultades donde se dictan carreras de ingeniería. Con el objeto de facilitar y estimular la adopción de éste nuevo modelo, entendiendo que como todo cambio tendrá una lógica regional, enmarcada en un contexto institucional, esperando que se pueda concretar de cara a plazos que la futura acreditación de carreras así lo prevé.

#### **5. ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA**

Luego del documento emana del CONFEDI en el año 2006 denominado Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino se comenzó a trabajar en las definiciones de competencias específicas en el seno de la universidades. Sin embargo, este proceso no concluyó en una nueva currícula en todas ellas. Esta disparidad que surge por la falta de una política clara de la SPU y falta de incentivos por parte del Ministerio de Educación.

En los extremos podemos encontrar la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones que culmina el año 2017 ofreciendo una actividad de formación docente de postgrado, completamente a distancia, denominada Experto en Formación por Competencias en Carreras de Ingeniería bajo la dirección del Ing. Víctor Kowalski que recoge toda la experiencia de 10 años en esa Unidad Académica recorriendo el camino en la formación por competencias en las carreras que se dictan.

Más cerca del otro extremo está nuestra Facultad que tiene planes de estudio 2003 excepto de los de las nuevas carreras de Ingeniería Informática e Ingeniería en Computación que son del 2010, en los cuales sólo algunas cátedras hay comenzado lentamente a transitar el camino de las competencias. El trabajo realizado en las redes de las terminales de ingeniería, impulsado por el CONFEDI, de las cuales participa la mayoría de las carreras de nuestra unidad académica participan desde antes del 2017 conduce a un cambio de planes de estudio integral en nuestra

Facultad a partir del 2020. En el caso de Ingeniería Industrial esa participación data desde la creación de la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI) en el año 2007.

## 6. CONCLUSIONES.

Como señalan los autores los currículos universitarios son dinámicos y están sometidos a constantes presiones tanto internas y como externas a las universidades. Por lo cual, no es sencillo transitar estos cambios sin sufrir los impactos de toda índole que el cambio provoca. Sin embargo, se podría pensar en la oportunidad que una transformación de este tipo en sí misma supone.

Para de este modo poder profundizar en el re-diseño de estrategias y prácticas docentes intentando un acercamiento a este paradigma que puede resultar o no novedoso, dado que un gran número de docentes focalizan a diario, su práctica en los interlocutores que tienen en frente. Así posicionados en un modelo centrado en el aprendizaje del estudiante y basados en un modelo por competencias será un gran desafío repensar los currículos y sus respectivos planes de estudios con una mirada de apertura y articulado con el medio socio-productivo.

Finalmente, se podría hacer mención a cuáles serían las limitaciones posibles, sin embargo como queda mucho camino por recorrer y una multiplicidad de escenarios posibles al ejecutar estos cambios en las prácticas educativas y en la formación de ingenieros, tal vez sea más conveniente, experimentar acciones para implementar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante antes que auto-limitarse desde el inicio.

## 7. REFERENCIAS

- [1] De Giorgi, A. (2002). *Il governo dell'eccedenza. Postfordismo e controllo della moltitudine*. Verona: Ed. Ombre Corte.
- [2] Sennett, R. (2006). *La cultura del nuevo capitalismo*. Barcelona: Anagrama.
- [3] Fernández Ríos, Manuel. (2009). "Flexibilidad organizacional, diseño y eficacia". En *Aristeo: Revista de investigaciones y aplicaciones en Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 1 (1), 107-125. Buenos Aires: EUDEBA.
- [4] Tsianos, V. & Papadopoulos, D. (2006). "Precariedad: viaje salvaje al corazón del capitalismo corporeizado". *Revista multilingüe transversal: máquinas y subjetivación*. Recuperado 2008, de: <http://transform.eipcp.net/transversal/1106/tsianospapadopoulos/es>
- [5] Perrenoud, P. (2007). *Diez nuevas competencias enseñar: Invitación al viaje*. Barcelona. 5a ed. Graó.
- [6] Díaz Flores, Martha. Reseña de "DIEZ NUEVAS COMPETENCIAS PARA ENSEÑAR" de Philippe Perrenoud *Tiempo de Educar*, vol. 9, núm. 17, enero-junio, 2008, pp. 153-159. Universidad Autónoma del Estado de México
- [7] *Revista Forbes*, (4 de junio 2013). La paradoja del mercado laboral actual. Forbes México. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/la-paradoja-del-mercado-laboral-actual/>
- [8] CONFEDI (2017). Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería. Oro Verde: CONFEDI.
- [9] Neiva, K. (Noviembre 2009). Competencias exigidas por el mercado de trabajo en la actualidad. Recuperado de: <http://letraurbana.com/articulos/competencias-exigidas-por-el-mercado-de-trabajo-en-la-actualidad/>
- [10] Kowalski, V; Erck, M; Enríquez, H; (2018) Serie Materiales de Apoyo: Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias. Módulo 1, Cuarto Documento: *Saberes, Saberes, Saberes,...O Competencias?*; UNAM, Facultad de Ingeniería. Oberá, Abril de 2018.
- [11] Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Bogotá. 4a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- [12] Mastache, A. (2009). *Formar personas competentes: desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*. Buenos Aires: Noveduc.
- [13] Mertens, L., (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimientos y modelos*. Montevideo: CINTERFORD
- [14] Spencer, L.M. y Spencer, S.M. (1993). *Competence at Work*, New York, John Wiley and Sons.

- [15] Dirube, J. (2004). *Un Modelo de Gestión por Competencias*. Barcelona: Gestión 2000.
- [16] Tobón, S., Pimienta Prieto, J., García Fraile, J. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias*. México: Pearson Educación.
- [17] Espacio Europeo de Educación Superior- EEES (2018). The Bologna Declaration of 19 June 1999. EEES. Recuperado de: [http://www.eees.es/pdf/Declaracion\\_Bolonia.pdf](http://www.eees.es/pdf/Declaracion_Bolonia.pdf)
- [18] Aguilar Joyas, J.C (2015). “Competencias específicas Tuning en programas de administración: Colombia y su región sur occidente”. *Contexto*, 4; 111-117.
- [19] Benitone, P., Esquetini, C., González, J., Maletá, M., Siufi, G., Wagenaar, R. (Editores) (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe Final – Proyecto Tuning - América Latina 2004-2007*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- [20] Roegiers, X. (2007). *Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional).
- [21] Perrenoud, P. (2002). *Construir Competencias desde la Escuela*. Santiago de Chile. Dolmen Ediciones.
- [22] Documento: Espacio Europeo de Educación Superior- EEES (2018). The Bologna Declaration of 19 June 1999. EEES. Recuperado de: [http://www.eees.es/pdf/Declaracion\\_Bolonia.pdf](http://www.eees.es/pdf/Declaracion_Bolonia.pdf).
- [23] Documento: Proyecto Tuning, Bologna 2006. Recuperado de: [http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General\\_Brochure\\_Spanish\\_version.pdf](http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Spanish_version.pdf)
- [24] Cukierman, Uriel. (2018). “Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería”. *Materiales para capacitación de CONFEDI*.
- [25] CONFEDI (2006). *Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino*. Documento emanado del 40° plenario de decanos realizado en octubre de 2006 en la ciudad de Bahía Blanca.
- [26] Pimienta Prieto, J. (2012). *Las competencias en la docencia universitaria: preguntas frecuentes*. México: Pearson Educación.

# La actividad de Extensión como formadora de profesionales con compromiso Social

Bueno, Moisés Evaristo\*; Dos Reis, María Rosa; Xodo, Daniel Hugo

*Facultad de Cs. Exactas - INTIA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.*

*Paraje Arroyo Seco S/N- CP7000- Tandil.*

[moisesbueno@gmail.com](mailto:moisesbueno@gmail.com) [mrosadosreis@gmail.com](mailto:mrosadosreis@gmail.com) [daniel.xodo@gmail.com](mailto:daniel.xodo@gmail.com)

## RESUMEN.

El presente trabajo contempla un análisis de los últimos diez años en la relación de alumnos universitarios de carreras 'duras' y su integración a la extensión universitaria; las consecuencias positivas y negativas de esta interrelación, las respuestas estructurales curriculares, el entorno normativo de adaptación a operar en un marco interdisciplinar y de intercambio de 'ciencias' en trabajos de campo.

El análisis comprende la experiencia llevada a cabo en cátedras de Ingeniería de Sistemas y de Licenciatura en Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA, cómo los alumnos investigan, enriquecen, se comprometen y agregan valor a proyectos de extensión de la Universidad.

La metodología implementada consiste en involucrar a los alumnos en proyectos de extensión existentes, con objetivos dispares; que los analicen y profundicen en su realización, y en algunos casos extiendan sus acciones aun cuando el proyecto ha finalizado.

El aporte principal de este trabajo consiste en una exposición ordenada de una experiencia de varios años, que da lugar a una cuasi sistematización del proceso con posibilidad de réplica en otras universidades. En esta descripción se muestran aspectos positivos a destacar, pero también los negativos que se deben evitar transitar al replicar el modelo extensionista propuesto. La experiencia avala la extensión universitaria como una dimensión principal en la formación de ciudadanos comprometidos, con especial enfoque en alumnos de carreras 'duras', pero también en otros actores como los docentes, investigadores o interesados en general, los cuales en el trabajo interdisciplinar asumen mayores compromisos sociales.

**Palabras Claves:** Extensión. Formación. Compromiso. RSU.

## ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The present work contemplates an analysis of the last ten years in the relation of university students of 'hard' careers and their integration to the university extension; the positive and negative consequences of this interrelation, the curricular structural responses, the normative environment of adaptation to operate in an interdisciplinary framework and exchange of 'sciences' in field work.

The analysis includes the experience carried out in the degrees of Systems Engineering and Environmental Technology Bachelor at the Faculty of Exact Sciences at the UNCPBA, how the students research, enrich, commit and add value to the University's extension projects.

The methodology implemented consists of involving students in existing extension projects, with different objectives; that they analyze and deepen their realization, and in some cases extend their actions even when the project has ended.

The main contribution of this work consists of an ordered exposure of a multi-year experience, which gives rise to a quasi-systematization of the process with the possibility of replication in other universities. This description shows positive aspects to bring out, but also the negative ones that should avoid when replicating the proposed extension model. The experience supports the university extension as a main dimension in the formation of committed citizens, with special focus on 'hard' students, but also on other actors such as teachers, researchers or interested in general, which in interdisciplinary work assume greater social commitments.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad conceptos como extensión, vinculación, transferencia, responsabilidad social universitaria, inclusión y compromiso social, entre otros; son considerados y evaluados en la acción propia de las Universidades y su accionar en la comunidad. El alumno en formación y el futuro profesional recibe de distintas maneras y aceptación el compromiso de su accionar como partícipe de este paradigma de cooperación universidad-sociedad.

El trabajo presenta la experiencia llevada a cabo en cátedras de Ingeniería de Sistemas y de Licenciatura en Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) y cómo los alumnos investigan, enriquecen, se comprometen y agregan valor a proyectos de extensión de la Universidad.

En general la metodología propuesta consiste en que los alumnos, partiendo de proyectos de extensión existentes; los analicen y profundicen en su realización y en algunos casos extiendan sus acciones aun cuando el proyecto ha finalizado, en el marco de una cátedra de grado.

La variedad de proyectos va desde TICs aplicadas en lo social; creación de prototipos de Rack de computadora-red ecológicos (trabajo presentado en COINI 2016); creación de compost orgánico con yerba mate; iluminación de plaza con energía solar, hasta creación de 'puntos azules' para recolectar papel o cartón en el campus universitario. En la experiencia se observan aspectos positivos (como el interés de los alumnos, la demanda de la sociedad en este tipo de experiencias, el 'crear' voluntariado, el trabajo en 'red' o en cooperación, etc.) y otros negativos (como la normativa burocrática que genera barreras, los tiempos acotados de desarrollo de proyecto, etc.) que en el presente trabajo se desarrollan y exponen.

La realidad analizada en la experiencia del presente trabajo; demuestra una demanda muy alta de los alumnos a formarse en 'casos reales' y ante esto, las estructuras curriculares y de entorno normativo de las carreras 'duras' deben operar en un marco de interdisciplina e intercambio de 'ciencias' en trabajos de campos.

## **2. LA UNIVERSIDAD Y LA EXTENSION.**

### **2.1 Contexto.**

Las universidades y conforme a la Ley de Educación Superior que lleva por número 24.521, del año 1995; llevan a cabo tres tareas pilares de su funcionamiento y razón de ser: DOCENCIA, INVESTIGACIÓN y EXTENSIÓN.

Específicamente la mencionada ley en su artículo 28 inc. e) al definir las funciones básicas expresa con respecto a la Extensión Universitaria: "Extender su acción y sus servicios a la comunidad, con el fin de contribuir a su desarrollo y transformación, estudiando en particular los problemas nacionales y regionales y prestando asistencia científica y técnica al Estado y a la comunidad".

Para entender qué es la Extensión y su rol en las Universidades el CIN<sup>1</sup> en 1997 establece "Que la extensión es un proceso de comunicación entre la Universidad y la sociedad, basado en el conocimiento científico, tecnológico, cultural, artístico, humanístico, acumulado en la institución y en su capacidad de formación educativa, con plena conciencia de su función social". Además, el CIN en el Acuerdo N° 262/1997 (con antecedentes de Acuerdos Plenarios N° 184/95 y 251/97; en el Art. 4° incorpora como marco conceptual un Anexo con el enunciado de posibles actividades de Extensión de las instituciones Universitarias (a) Desarrollo Social; b) Vinculación Económica y Social y c) Desarrollo Cultural).

### **2.2. La extensión como formadora de profesionales con compromiso Social.**

La realidad aun hoy presenta frases como 'la universidad está en lo suyo', 'falta investigación aplicada', 'no hay trabajos conjuntos' y otras tantas que reflejan una demanda creciente de mayor compromiso social de la Universidad con su medio.

El perfil del alumno, y de la sociedad en su conjunto; demanda innovación en la universidad que debe lograr convalidar sus funciones de docencia, investigación y extensión con dichas demandas. Las actividades de extensión en este sentido son propicias a constituirse como respuesta a la demanda social, y el hecho de 'curricularizar' estas prácticas, las hace formadoras de profesionales con compromiso social.

## **3. EXPERIENCIA ANALIZADA EN ACTIVIDADES DE EXTENSION.**

### **3.1. Antecedentes y descripción de la experiencia.**

---

1 [www.cin.edu.ar/download\\_b.php?file=ANEXOAP711.doc](http://www.cin.edu.ar/download_b.php?file=ANEXOAP711.doc)

El presente trabajo analiza y expone parte de la actividad que se ha venido desarrollando en las carreras de Ing. de Sistemas y Lic. en Tecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA, guiada por docentes del área de gestión.

En el año 2008, docentes de la cátedra Investigación Operativa de la carrera Ing. de Sistemas comienzan a trabajar con un grupo de tres alumnos para ayudar a una organización social (CARITAS de la parroquia San Antonio – Tandil) a hacer eficiente la entrega de bolsones de alimentos a familias con necesidades básicas insatisfechas.

En los siguientes años se incorpora mayor cantidad de alumnos de la cátedra Investigación Operativa y de otras cátedras de Ing. de Sistemas, y se amplía la cantidad de docentes tutores. Los alumnos incorporan diferentes soluciones y extienden prestaciones a los trabajos realizados por otros alumnos. Como resultado surgen numerosas publicaciones y presentaciones a congresos nacionales tanto de investigación como de extensión ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12])

En el año 2010, los docentes originales actuando como fundadores de la Asociación Civil Proyecto Koinonía, gestionan la firma de un convenio marco entre la UNCPBA y CARITAS de la parroquia San Antonio – Tandil.

En 2013 se formaliza la creación de la Asociación Civil Proyecto Koinonía y se firma un convenio marco entre dicha asociación y la UNCPBA.

Durante este tiempo más de 100 alumnos colaboraron con diversas instituciones, desarrollando y profundizando en los conocimientos propios de sus carreras para lograr eficiencia, e interactuando interdisciplinariamente con otros voluntarios y profesionales en experiencias reales de impacto social.

En 2015 se crea el proyecto de extensión interno de la UNCPBA denominado “Asociación Civil Proyecto Koinonía en la Universidad. Herramientas de tecnología informática y comunicacional al servicio de la solidaridad”, con el objetivo de “Atender y solucionar problemáticas sociales, presentes en la sociedad manifestadas por las ONGs en su conjunto, por medio del uso de las TICs”.<sup>2</sup>

En 2016 se crea el proyecto financiado por SPU (Secretaría de Políticas Universitarias) denominado “TICs en la Gestión Solidaria”<sup>3</sup>, el cual aún está en ejecución en conjunto con el proyecto de extensión “Creación de Capital Social a través de las Redes de Conocimiento Solidarias”<sup>4</sup>, los alumnos participan de congresos a nivel nacional e internacional con publicaciones científicas producto de la investigación y transferencia realizada.

En el año 2016 se comienza a trabajar con alumnos de la carrera Licenciatura en Tecnología Ambiental (LTA) en la materia “Formulación y Evaluación de Proyectos”; en forma consecutiva hasta el presente año, se colabora con los siguientes proyectos de extensión: “Creación de valor por diversificación en fábrica recuperada – CASO IMPOPAR”<sup>5</sup>, “Promotores Ambientales”, “Puntos Azules para el Reciclaje Inclusivo y la Educación Integral (PARIEI)”<sup>6</sup> y “Luz de noche en el Cerro”<sup>7</sup> (la Tabla 1 muestra la cantidad de alumnos en el presente año por proyecto de extensión y carrera de origen).

Tabla 1 Cantidad de alumnos por proyectos actuales.

<b>Proyecto actual</b>	<b>Cant. alumnos</b>	<b>Carreras</b>
TICs en la Gestión Solidaria	12	Ing. de Sistemas
Creación de Capital Social a través de las Redes de Conocimiento Solidarias	13 <sup>8</sup>	Ing. de Sistemas
Luz de noche en el cerro	3	Lic. en Tecnología Ambiental
Puntos Azules para el Reciclaje Inclusivo y la Educación Integral	4	Lic. en Tecnología Ambiental

2 Aprobado por RR N° 437/2016 y Reconocido por RCA 357/17 de la Fac. de Cs. Exactas de la UNCPBA

3 Aprobado por Res SPU N° 2555-2016 de fecha 02/12/2016, MinCyT. Reconocido por RCA 356/17 de la Fac. de Cs. Exactas de la UNCPBA

4 Aprobado por RR N° 1978/17 de la UNCPBA

5 Proyectos Asociativos de Diseño (PAD) 2016. Aprobado por Resolución Ministerial N° 530 de fecha 29/08/2016, MinCyT

6 Aprobado por RR N° 1978/17 de la UNCPBA

7 Aprobado por RR N° 1978/17 de la UNCPBA

8 Algunos de los alumnos que participan de este proyecto continúan actividades del proyecto anterior, ya que uno es continuación del otro.



### **3.2. Evaluación de la experiencia.**

A través de los años se ha crecido, no sólo en la cantidad de alumnos participantes; si no también en la red de instituciones e intereses de las distintas organizaciones participantes, sean éstas ONGs, la universidad con su diversidad de facultades y alumnos; como también otros organismos estatales o privados y personas particulares. En definitiva, la red de interacciones y actores alcanza a toda la sociedad en conjunto.

Este devenir ha ocasionado aspectos positivos, pero también cuestiones negativas o a mejorar.

#### **3.2.1 Aspectos positivos.**

En la experiencia se observan aspectos positivos como:

- el interés de los alumnos: en general optan por realizar este tipo de actividades aun en conocimiento que el esfuerzo es largamente superior y de mayor compromiso, en comparación con realizar otra actividad con el mismo resultado académico (por ejemplo, hacen opción de realizar un trabajo final de cátedra en una solución de software para una ONG, en lugar de dar el final de la materia). Se dan casos que tras finalizar el compromiso académico; continúan realizando voluntariado o actividades sociales.
- la creciente demanda de la sociedad en este tipo de experiencias: en el historial la relación de trabajo de colaboración entre la universidad y las organizaciones sociales se ha caracterizado por 'tiempo acotado'. Esto significa que se realiza un proyecto de extensión, con una duración en general de dos años, y tras ese período se discontinúa la acción, sea que se concluya la misma o quede inconclusa. Esto ocasiona que exista cierto 'abandono' o 'discontinuidad' con la organización social. En la actualidad son las organizaciones sociales quienes demandan y se articulan con la universidad para obtener continuidad y conclusión de los proyectos.
- el 'crear' voluntariado: por los puntos anteriores sucede que los alumnos o actores universitarios que trabajan en proyectos de extensión suelen sobrepasar el compromiso temporal de un proyecto y se involucran de manera personal continuando la labor como voluntarios en tareas de fin social, o solicitando prácticas profesionales supervisadas y/o prácticas solidarias.
- el trabajo en 'red' o en cooperación: en la medida que se articulan actividades interdisciplinarias e interinstitucionales, los esfuerzos logran sinergia y se potencian las acciones de las instituciones.

#### **3.2.2 Aspectos negativos.**

En la experiencia se observan aspectos negativos como:

- la normativa burocrática que genera barreras: la realidad que el trabajo de campo que en general conlleva los proyectos de extensión, obligan a regular cuestiones como de ART, movilidad, permisos de asistencia o inasistencias a jornadas laborables, etc. Además también el seguimiento y entrega de informes suelen ser con participación de las organizaciones sociales y suele generar inconvenientes de problemas temporales o dedicar recursos para su realización. Otro punto es la rendición de cuentas cuando en los proyectos hay financiación y que suelen resultar inflexibles a la hora de cambiar encuadres de partidas en beneficio de las necesidades detectadas en las organizaciones.
- los tiempos acotados de desarrollo de proyecto: es un problema el establecer una duración, en general de aproximadamente dos años; para trabajar en situaciones que en la mayoría son de origen estructural. Se hace necesario crear programas o la posibilidad de renovar e extender los plazos de los proyectos en la medida que sea necesario hacerlo.

## **4. CONCLUSIONES.**

El trabajo expone las cuestiones positivas y negativas de experiencias de los últimos diez años, con vinculación en carreras 'duras'; en que la extensión universitaria actúa como formadora de profesionales con compromiso Social.

En el balance general el resultado es positivo, en especial por la demanda de trabajo de voluntariado y de contar con herramientas de gestión por parte de las organizaciones sociales; como así también por el interés del alumnado en dar respuesta a esas demandas. Sin embargo, esas prácticas han generado modificar y regular estructuras curriculares que amparen o



encuadren las actividades en marcos normativos, y esto último ha sido también un aspecto creador de barreras o cargas burocráticas que, si bien resulta necesaria y justificada su implementación; obliga a destinar tiempo del voluntariado a su implementación y ejecución por parte, fundamentalmente, de quienes coordinan o dirigen actividades o proyectos de extensión. La realidad se presenta compleja desde lograr que lo normativo sea eficaz y no genere barreras de tipo burocráticas que desalienten la participación de alumnos en actividades de extensión, o de los coordinadores de la misma en que pueden optar por realizar otras actividades en lugar de hacer extensión. Es notorio una demanda creciente del conjunto social todo en actividades de extensión, y el futuro escenario es promisorio a lograr capacitación y formación mutua entre la comunidad universitaria y las organizaciones sociales. Es evidente que desde hace tiempo, la actividad de Extensión es formadora de profesionales con compromiso Social.

## 5. REFERENCIAS.

[1] Benito D., Pereyra C., Verzi C., Dos Reis, M. R., Bueno, M. (2012): "Conocimiento en acción: Construcción de una herramienta de gestión web para dar soporte a una agrupación de organizaciones no gubernamentales de carácter social". Anales de XXV ENDIO XXIII EPIO. ISBN 978-987-24267-3-6. Buenos Aires, Argentina.

[2] Bueno M., Dos Reis M., Illescas G., Tripodi G., Vallejos I., Méndez Casariego I. (2010): "Conocimiento en Acción: Ranking de familias según necesidades básicas insatisfechas – Proyecto Koinonía". Anales del XXIII ENDIO – XXI EPIO – II ERA-BIO. ISBN 978-987-24267-1-2. Tandil, Argentina.

[3] Bueno M., Dos Reis M., Illescas G., Tripodi G., Vallejos I., Méndez Casariego I. (2011): "Conocimiento en Acción: Métodos de Asignación de Alimentos a Grupos Familiares. Proyecto Koinonía." Revista de la Escuela de Investigación Operativa. Año XIX N° 32. Editorial: EPIO – Págs. 183 a 205 – ISSN 1853-9777.

[4] Bueno, M.; Dos Reis, M., Xodo, D., Arrién, L. (2016): "Creación de valor por diversificación en fábrica recuperada. CASO IMPOPAR". IX Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2016. Salta, Argentina.

[5] Dos Reis, M., Bueno, M.: "Conocimiento en Acción: Asociación Civil Proyecto Koinonía en la Universidad". V *Jornadas de Extensión del Mercosur*. Eje: Educación, Comunicación y Cultura. Ponente en mesa: Educación y nuevas tecnologías. Tandil, Argentina.

[6] Dos Reis M., Bueno M., Xodo, D. (2014): "Conocimiento en acción: Asignación de recursos a familias carentes mediante la aplicación de un algoritmo genético - Proyecto Koinonía". Revista de la Escuela de Investigación Operativa. Año XXII N° 35. Editorial: EPIO – Págs. 107 a 127 - ISSN 1853-9777

[7] Dos Reis M., Xodo, D., Bueno M.: "Transferencia de Conocimientos a la Sociedad: Una experiencia de Ingeniería en Proyectos de Carácter Social. Proyecto Koinonía". COINI 2014: VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial / Cesar Bustelo ... [et.al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2015. E-Book ISBN 978-987-1896-39-4. UTN FRCH, Puerto Madryn, Argentina.

[8] Illescas G., Bueno M., Dos Reis M., Xodo D., Pérez C., Recofsky E., Weimann R. (2013): "Optimización en la Asignación de Recursos. Indicadores de Transición de la Decisión a la Acción". Anales del XXVI ENDIO – XXIV EPIO. ISBN 978-987-24267-4-3. Córdoba, Argentina.

[9] Illescas G., Etchepare J., Dos Reis M., Bueno M. (2014): "Aplicación de métodos matemáticos para dar soporte a la toma de decisiones multicriterio. Proyecto Koinonía". Anales del XXVII ENDIO – XXV EPIO. ISBN: 978-987-24267-5-0. San Nicolás, Argentina.

[10] Illescas G., Bueno M., Dos Reis R., Recofsky E., Weimann R. (2015): "Herramienta de soporte para la toma de decisiones en organizaciones de asistencia social. Proyecto Koinonía". Anales del XXVIII ENDIO – XXVI EPIO y VIII RED M M. Libro Digital PDF ISBN 978-987-24267-6-7. Bahía Blanca, Argentina.

[11] Xodo D., Bueno M., Illescas G., Dos Reis M. (2012): "Ingeniería del Conocimiento en la Ayuda Social". Memorias del XIV WICC Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. ISBN 978-950-605-570-7. Posadas, Argentina.

[12] Xodo D., Dos Reis M., Bueno M., Bengochea J., Vidal Porcel E., Suarez D. (2014): "Asignación de Prioridades en la Ayuda Social Mediante ELECTRE". VII Congreso de Ingeniería Industrial. COINI 2014: VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial / Cesar Bustelo ... [et.al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2015. E-Book ISBN 978-987-1896-39-4. UTN FRCH, Puerto Madryn, Argentina.

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a todas las personas que con carácter solidario han realizado colaboraciones filantrópicas tendientes a favorecer el bien social y mejorar la calidad de las personas e instituciones sociales.

# Experiencia de evaluación de la comunicación escrita en estudiantes del último año de Ingeniería Industrial

D'Onofrio, María Victoria; Mackenzie, Mauricio Javier

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Juan B. Justo 4302, Mar del Plata. [fi.vicky@gmail.com](mailto:fi.vicky@gmail.com)*

## RESUMEN.

Organizar la enseñanza universitaria en función de las competencias permite experimentar nuevos métodos didácticos que ayuden a lograr los objetivos que la asignatura pretende. Es por ello que el cambio metodológico es fundamental. Además cuando los estudiantes de Ingeniería Industrial están próximos a egresar es primordial que hayan adquirido determinadas competencias genéricas. Una de ellas, de gran importancia para el desarrollo profesional, es la comunicación escrita. Es frecuente escuchar a los docentes de los últimos años cuestionar a sus alumnos porque no saben leer y/o escribir, aun habiendo aprobado el curso de comunicación oral y escrita que se dicta para paliar esta deficiencia, y siendo inminente la elaboración del trabajo final se continúa discutiendo sobre si esta habilidad ha sido adquirida. En este artículo se presenta la experiencia del desarrollo de un trabajo práctico evaluatorio en una asignatura del último año de la carrera, donde el estudiante debe combinar diferentes competencias cognitivas y genéricas. La habilidad para comunicarse de manera efectiva en forma escrita es prioritaria para realizar el trabajo práctico, junto con la comprensión de los textos que deben abordar. Los resultados de la experiencia han sido satisfactorios, en cuanto a la adquisición de dicha competencia, teniendo en cuenta que la asignatura se basa en conceptos de economía política y social, donde no predomina la búsqueda de resultados cuantificables y absolutos, sino juicios de valor que permiten desarrollar un pensamiento crítico buscado en los futuros profesionales. De la evaluación del trabajo práctico el estudiante recibe una devolución de los aspectos que debe optimizar y tener en cuenta para mejorar esta habilidad.

**Palabras Claves:** Comunicación escrita, competencias, evaluación.

## ABSTRACT

Organizing university education according to competences allows experimenting with new teaching methods that help to achieve the objectives that the subject intends. That is why the methodological change is essential. Furthermore, when Industrial Engineering students are close to graduation, it is a priority that they have acquired certain generic competences. One of them, of great importance for professional development, is written communication. It is common to hear teachers in the last years of the career reproach their students because they can not read or write, even having passed the course of oral and written communication created to relieve this deficiency, and even during the preparation of the final thesis, the discussion whether this skill has been acquired continues. This article presents the experience of the development of a evaluatory practical work in a subject of the last year of the career, where the student must combine different cognitive and generic competences. The ability to communicate effectively in written form is a priority for the practical work, along with the understanding of the texts used. The results of the experience have been satisfactory, in terms of the acquisition of such competence, taking into account that the subject is based on concepts of political and social economy, where the search for quantifiable and absolute results does not predominate, but value judgments that allow to develop a critical thinking sought in future professionals. From the evaluation of practical work, the student receives a feed back of the issues that must be optimized and taken into account to improve this ability.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la enseñanza universitaria por competencias, la metodología sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje cumple un rol fundamental. Se deben establecer las distintas modalidades de enseñanza que se van a tener en cuenta a la hora de articular la formación necesaria para que los estudiantes adquieran los aprendizajes establecidos. De Miguel [1] sostiene que las diferentes modalidades de enseñanza reclaman tipos de trabajos distintos para profesores y estudiantes y exigen la utilización de herramientas metodológicas también diferentes.

Para asegurar la calidad de la enseñanza es necesario evaluar las competencias que los estudiantes dominan, adquieren y desarrollan durante el cursado de la asignatura.

Se puede entender a la competencia como una forma de saber personal y compleja que desarrolla el individuo, cuando en un contexto de formación dado maneja simultáneamente su “saber” (lo conceptual), su “saber hacer” (saber técnico y procedimental) y su “ser” (conocimiento de lo contextual, en el que intervienen las relaciones interpersonales, lo emocional, los valores, entre otras actitudes). Este proceso exige contexto, acción y conocimiento a la vez, de forma inseparable y en proporciones adecuadas, cada una atendiendo al grado de desarrollo pretendido. Se distingue de la formación académica en que los resultados del aprendizaje pueden integrar modalidades de conocimiento más complejas y contextualizadas. Asumir dicho enfoque en la formación comprende la necesidad de un desarrollo metodológico, de recurso, de interacciones en la formación, mucho más complejo e intencionalmente explícito [2].

Los instrumentos para la formación en competencias con predominio de la expresión práctica suponen “hacer” siguiendo pautas que tienen su propia referencia [3]. Los límites de esta demostración de conocimientos y capacidades son abiertos al solicitar una demostración creativa de conocimientos y reflexiones. Como la actividad tiene que ser lo más formativa posible, implica una interacción entre docentes y alumnos con el fin de mejorar los aprendizajes, y también se pretende que quede constancia de dicha actividad en el marco de la evaluación buscada. Esta interacción se realiza a través de la retroalimentación que se da en la corrección y devolución.

En este artículo se presenta la experiencia del desarrollo de un trabajo práctico evaluatorio en una asignatura del último año de la carrera, donde el estudiante debe combinar diferentes competencias cognitivas y genéricas. La habilidad para comunicarse de manera efectiva en forma escrita es prioritaria para realizar el trabajo práctico, junto con la comprensión de los textos que deben abordar. Investigaciones como las de Boillos y Álvarez [4] concluyeron que la escritura académica incorporada como una competencia esencial que atravesase a todas las asignaturas de una carrera, no solo mejora la comprensión de teoría, sino que brinda nuevas estrategias para ser aplicadas en otros campos del aprendizaje y de la vida profesional. Benavides Zúñiga y Aguirre Villanueva [5] encuentran a la lectura y la escritura, como herramientas fundamentales para la producción y transmisión del conocimiento, en el marco de incentivar el desarrollo de habilidades que conforman la competencia de comunicación.

A partir de la complejidad que presentaba la corrección del trabajo práctico se evidenció la necesidad de evaluar ese aprendizaje de un modo ordenado y sistemático y para ello se optó por una rúbrica, la cual se utiliza a partir del ciclo 2015. Además facilita que el estudiante reciba una devolución de los aspectos que debe optimizar y tener en cuenta para mejorar esta habilidad.

Los resultados han sido satisfactorios, tanto en el desempeño de los alumnos así como también desde los objetivos de los docentes de la asignatura.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Materiales**

Para realizar el presente análisis se utilizaron los resultados de la evaluación del trabajo práctico a través de las rúbricas para cada alumno, agrupados por año. El total de alumnos fue: 38, 33 y 30 en 2015, 2016 y 2017 respectivamente.

La asignatura en la cual se ha realizado la experiencia es Mecanismos de Integración Económica, obligatoria de la carrera Ingeniería Industrial, perteneciente al quinto año de la currícula. Es una asignatura que se orienta hacia el futuro desempeño del profesional en el sector productivo de bienes y servicios, públicos y privados, con el objetivo de brindar al alumno los conocimientos básicos del comercio exterior, focalizados especialmente hacia los mecanismos que involucra la constitución del MERCOSUR. Se aplican conocimientos específicos de macroeconomía y microeconomía; el aporte de las asignaturas básicas de formación empresarial es fundamental.

La asignatura procura contribuir al conocimiento y a la reflexión teórica sobre temas relacionados con la economía política internacional. Destaca el significado de las interacciones mutuas entre las actividades económicas y las políticas, el mercado y las relaciones de poder internacional, entre el Estado y el mercado como principios organizativos de la vida social. El futuro profesional debe contar con los conocimientos necesarios para analizar las prácticas y las instituciones que caracterizan a las relaciones económicas internacionales y a los mercados nacionales, regionales y mundiales. Se busca favorecer el desarrollo de un pensamiento crítico en la comprensión del

impacto de los factores internacionales en el proceso de desarrollo económico de los países de América Latina, especialmente de aquellos que constituyen el MERCOSUR.

Es considerada una asignatura complementaria (según la Resolución Ministerial Nro. 1054/02, que establece los estándares de evaluación de la carrera Ingeniería Industrial) [6] y es parte integral de un programa de Ingeniería, que junto con el resto de las asignaturas de su mismo bloque curricular, tienen por objeto formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones. Involucra aspectos relacionados con las ciencias sociales, conocimientos indispensables para la formación integral del ingeniero.

El cursado de la asignatura está organizado en una comisión y no existe una división exacta entre la clase teórica y la clase práctica. Para el trabajo en el aula se les entrega material bibliográfico, publicaciones, recortes periodísticos y cuando es necesario el docente expone y analiza los conceptos fundamentales de los nuevos contenidos y los alumnos hacen preguntas aclaratorias sobre las dudas surgidas en la lectura previa. Cuentan también con guías de trabajos prácticos, coordinadas por los docentes. Los alumnos preparan exposiciones, las cuales son asignadas con anterioridad para poder buscar información adicional sobre el tema asignado. Se invita a participar a profesionales que desarrollan una clase sobre algún tema específico.

En cuanto a los contenidos de la asignatura, están relacionados con cuestiones sociales, políticas y económicas. Los alumnos no poseen el entrenamiento de realizar análisis de los diferentes temas desde el punto de vista de sus tendencias ideológicas. Como resultado de este ejercicio de pensar determinadas cuestiones desde una estructura de trabajo diferente a la que ellos se encuentran habituados, se han buscado desde un principio métodos de enseñanza y de evaluación alternativos a los tradicionales.

## **2.2 Métodos.**

El trabajo práctico objeto del presente análisis comenzó a implementarse a partir del año 2010, sin embargo en el ciclo lectivo 2015 los docentes de la asignatura decidieron elaborar y utilizar una rúbrica para su corrección. Es por ello que se registran resultados entre el 2015 y 2017, con los cuales se hace el estudio.

El tema del trabajo práctico es Comercio Exterior Argentino, se corresponde con el Módulo I de la asignatura, conformado por 3 unidades que abarcan el tema Comercio Exterior Argentino desde sus comienzos hasta la actualidad, dónde se estudian los diferentes modelos de desarrollo económico implementados en el país, con su consecuente política de comercio exterior, y el impacto económico y social generado por las mismas.

Luego de explicarse el trabajo práctico en clase, la consigna se facilita a través del sitio de la asignatura en el campus virtual del Departamento de Ingeniería Industrial (Figura 1). El objetivo del trabajo práctico es seleccionar un tema actual de comercio exterior argentino y a partir de allí realizar una búsqueda de artículos de opinión en diarios de tirada nacional, que aborden dicho tema pero con diferentes enfoques ideológicos. Una vez seleccionados los artículos, a partir de su lectura, deben realizar una síntesis de cada uno, justificar la diferencia de enfoque y agregar su opinión personal sobre el tema escogido. La modalidad es individual y los estudiantes cuentan con 30 días corridos para su entrega a partir de que la consigna es explicada en clase.

Los estudiantes cuentan con la posibilidad de hacer consultas vía e-mail, hasta 5 días antes de la fecha estipulada para la entrega del trabajo práctico. Es importante que accedan a esta estancia, ya que suelen confundir artículos de opinión con noticias informativas y además el comercio exterior con la política financiera.

En cuanto a la corrección del trabajo práctico, a partir de la complejidad que presentaba, se evidenció la necesidad de evaluar ese aprendizaje de un modo ordenado y sistemático, es decir a través de una herramienta de síntesis, y para ello se optó por una rúbrica, la cual se utiliza desde el ciclo lectivo 2015. La rúbrica es una herramienta que expresa de forma visual y explicativa los diferentes niveles que se pueden alcanzar en el proceso formativo. Muestra lo que deben saber hacer los estudiantes. Los docentes confeccionan la rúbrica y puede tener diferentes categorías de detalle. En general se presenta cruzando los bloques de contenido (pero también los temas o las competencias, por ejemplo) y los niveles de desarrollo [7].

En la Figura 2 se presenta la rúbrica confeccionada por los docentes de la asignatura.

Los indicadores y criterios a los que se hace referencia en la rúbrica son:

- Fuentes. Cumplimiento de lo estipulado en la consigna del trabajo práctico y referencias correctas.
- Artículos. Apropriados al tema solicitado y tipo de artículos (opinión).

- Síntesis. Conformes a la descripción de los artículos.
- Justificación. Pertinente al objetivo del trabajo práctico (contraste de enfoques).
- Conclusión. Implementación de conceptos adquiridos en clase para elaborar su opinión.
- Redacción. Clara y comprensiva. Es esencial exigir a los alumnos un nivel de expresión escrita con lenguaje académico, fundamental para el futuro profesional.
- Puntuación y ortografía. Utilización conforme a las reglas.

**TEMA:**

Comercio exterior argentino

**OBJETIVO:**

Desarrollar un tema referido al comercio exterior argentino actual.

**DESARROLLO:**

Elija un tema sobre comercio exterior argentino en los periódicos nacionales y busque dos artículos con enfoques distintos referidos a dicho tema.

**METODOLOGÍA:**

Analizar los artículos periodísticos seleccionados.

Realizar un breve informe que contenga:

- Copia de los artículos seleccionados, fecha de publicación y fuente.
- Síntesis de los artículos.
- Justifique la diferencia de enfoque entre ambos artículos para desarrollar el tema seleccionado.
- Conclusiones. En ellas deberá expresar su opinión en cuanto al tema seleccionado.

Los artículos seleccionados deben ser actuales, es decir del corriente año.

Las síntesis de los artículos no deberán superar las 300 palabras, al igual que las justificaciones y las conclusiones elaboradas.

La entrega es en soporte papel.

**MODALIDAD:**

Individual

**FECHA DE ENTREGA:**

El presente trabajo tendrá como fecha máxima de entrega el día dd/mm.

Figura 1 *Consigna del trabajo práctico.*  
Fuente: elaboración propia

Los criterios de las rúbricas fueron valorados según los descriptores de los niveles de desempeño que se presentan en la Tabla 1. Estos criterios son considerados desde una perspectiva holística de la evaluación.

Apellido y Nombres:	Calificación:			
	<b>Destacado</b>	<b>Adquirido</b>	<b>En desarrollo</b>	<b>No adquirido</b>
<b>Fuentes</b>				
<b>Artículos</b>				
<b>Síntesis</b>				
<b>Justificación</b>				
<b>Conclusión</b>				
<b>Redacción</b>				
<b>Puntuación y ortografía</b>				
Observaciones:				

Figura 2 Rúbrica para la evaluación del trabajo práctico.  
Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Descriptores de los niveles de desempeño.

Nivel de desempeño	Descriptor
Destacado	Nivel de desempeño excepcional, supera lo esperado.
Adquirido	Nivel desempeño esperado, mínimo nivel de error.
En desarrollo	Nivel de desempeño por debajo de lo esperado, nivel de error que constituye amenaza.
No adquirido	Nivel de desempeño que no satisface los requerimientos.

Fuente: elaboración propia

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El resultado de la evaluación a través de las rúbricas para el total de alumnos de cada año se presenta en la Figura 3. Para ello se realizó un promedio de los resultados por año para cada descriptor de los niveles de desempeño (Destacado: 10-9, Adquirido: 8-7, En desarrollo: 6-4, No adquirido: 3-1).

No se evidencian resultados críticos en ninguno de los indicadores que componen la evaluación del trabajo práctico para cada año. Se considera que todos los indicadores son importantes para la adquisición de la competencia de la comunicación escrita.

Es significativo destacar que en clase, cuando se explica la consigna del trabajo práctico, se hace hincapié en los errores y/o equivocaciones más usuales en los que suelen incurrir los alumnos, a los efectos de facilitar la confección del mismo. Además también tienen conocimiento de la rúbrica con la que serán evaluados, lo cual les facilita la comprensión con respecto a los aspectos que serán tenidos en cuenta.

En función de la opinión de los docentes de los últimos años de la carrera de Ingeniería Industrial, en cuanto a que los alumnos no saben leer y/o escribir, se puede demostrar a través de la observación de los indicadores evaluados en la rúbrica, que tal afirmación carece de sustento. Los estudiantes manifiestan poder leer y comprender textos al seleccionar con un buen nivel de desempeño los artículos, cumpliendo con la consigna dada, así como también realizar una síntesis, justificar el contraste de enfoques y expresar su opinión con los conocimientos adquiridos en clase. El desempeño se verifica también en la redacción y en el uso de la puntuación y la ortografía.

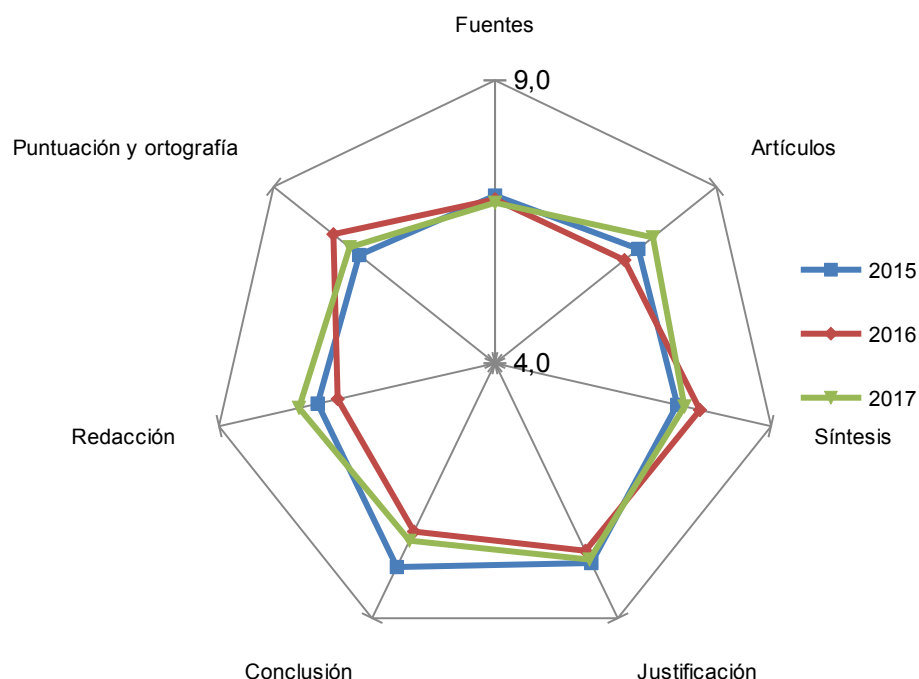


Figura 3 Resultado de la evaluación del trabajo práctico para el total de estudiantes en los años 2015, 2016 y 2017.  
Fuente: elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES.

El trabajo práctico implementado constituye un instrumento de gran valor educativo, tanto para el proceso de enseñanza y aprendizaje así como también para la evaluación.

Permite una efectiva evaluación de la competencia para comunicarse de forma escrita pretendida en los estudiantes del último año de la carrera Ingeniería Industrial.

El desarrollo de esta competencia es favorecida porque los estudiantes deben aplicar sus habilidades para la selección de información, análisis, redacción, y construcción de una opinión basada en el conocimiento adquirido en la asignatura.

Los resultados de la experiencia han sido consistentes con el objetivo propuesto por el cuerpo docente de la asignatura. Es por ello que tal vez se esté frente a un mito y no una realidad de que los estudiantes avanzados en la carrera “no saben leer y/o escribir”, una creencia que se sostiene a través de los años.

#### 5. REFERENCIAS.

- [1] De Miguel Díaz, M. (2005). *Modalidades de Enseñanza Centradas en el Desarrollo de Competencias. Orientaciones para Promover el Cambio Metodológico en el Marco del EEES*. Oviedo. Ediciones Universidad de Oviedo. Oviedo, España.
- [2] Rue, J. (2007) *Enseñar en la Universidad. El EEES como reto para la Educación Superior*. Narcea Ediciones, España.
- [3] López Pastor, V. M. (2011). *Evaluación formativa y compartida en Educación Superior: propuestas, técnicas, instrumentos, y experiencias*. Narcea Ediciones, España.
- [4] Boillos, M. y Álvarez, M. (2015). *Academic Writing in to a Competency-Based Language Teaching in Higher Education: a Case Study of Spanish University Students*.
- [5] Benavides Zúñiga, M. y Aguirre Villanueva, M. (2015). “El proceso de desarrollo de la comunicación escrita en las aulas universitarias bajo un enfoque por competencias”. *Revista En Blanco y Negro*, vol. 6, Núm. 1.
- [6] Ministerio de Educación. Resolución Nro. 1054/02. (2002). InfoLEG Información Legislativa y Documental. <http://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79103/norma.htm>.
- [7] E. Barberá G. (2005). “Calificar el Aprendizaje mediante la Evaluación por Portafolios”. *Revista Perspectiva Educacional*, vol. 45, pp. 70-84.



# ¿Se aprende con gamificación? Una propuesta de evaluación en el marco de juegos serios

Cerrano, Marta\*; Feraboli, Luis; Gallegos, María Laura<sup>(1)</sup>;Gómez, Daniela

*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad nacional de Rosario  
Pellegrini 250, Rosario, Santa Fe  
mcerrano@fceia.unr.edu.ar; feraboli@fceia.unr.edu.ar, danielag@fceia.unr.edu.ar*

*(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás  
Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires  
mgallegos@frsn.utn.edu.ar*

## **RESUMEN.**

A partir de la incorporación de un dispositivo didáctico en la carrera de Ingeniería Industrial, mediante una actividad gamificada desarrollando juegos serios, y de brindar importancia al concepto de competencia no sólo como conocimientos adquiridos, sino como las habilidades, destrezas, actitudes a desarrollar por el estudiante; se plantea una propuesta de evaluación para conocer si los mismos alcanzan los resultados de aprendizaje. En este trabajo se presenta a partir de la descripción del diseño y puesta en marcha del material lúdico, un instrumento de evaluación desarrollado para comprobar si se alcanzan las competencias deseadas. La propuesta se enmarca dentro de una investigación más amplia que actualmente está en desarrollo con sede en la UNR - Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura, conjuntamente con integrantes de la UTN - Facultad Regional San Nicolás.

**Palabras Claves:** evaluación, juegos serios, Ingeniería, gamificación

## **ABSTRACT.**

From the incorporation of a didactic device in the career of Industrial Engineering, through a gamified activity developing serious games, and to give importance to the concept of competence not only as acquired knowledge, but as the skills, skills, attitudes to be developed by the student; An evaluation proposal is proposed to know if they reach the learning results. In this work, it is presented from the description of the design and implementation of the ludic material, an evaluation tool developed to check if the desired competences are reached. The proposal is part of a larger research that is currently under development at the UNR – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, together with members of the UTN – Facultad Regional San Nicolás.

## 1. INTRODUCCIÓN

La globalización del trabajo exige profesionales altamente preparados, flexibles y versátiles ante los cambios, dotados de conocimientos, habilidades, destrezas, aptitudes. La Universidad, no está ajena a las exigencias globales, signada por la evolución tecnológica y su internacionalización en todos los ámbitos de su actividad [1].

Tanto la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CoNEAU) [2] como el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) [3] manifiestan que resulta necesaria una revisión general de la enseñanza de la Ingeniería para adecuar la misma a los avances científicos, tecnológicos y los cambios en los esquemas económicos, productivos y sociales, ocurridos en los últimos años en nuestro país y en el mundo. En la actualidad, se está incorporando el uso y desarrollo de las competencias como horizonte formativo en el diseño de los planes de estudio de Ingeniería. Las competencias, según Mastache *“permiten que las personas resuelvan problemas y realicen actividades propias en su contexto profesional para cumplir con los objetivos o niveles preestablecidos, teniendo en cuenta la complejidad de la situación y los valores y criterios profesionales adecuados, mediante la articulación de todos los saberes requeridos”* [4].

Una propuesta lúdica se adapta integralmente al modelo por competencias. La aplicación de *serious games* combina enseñanza, juego y herramientas de aprendizaje, en un escenario de trabajo que fomenta la reflexión en la acción, con la participación activa del estudiante y el intercambio permanente del equipo docente y/o tutores. Un principio esencial de la educación es que se aprende lo que se practica, siempre acompañado de retroalimentación y reflexión [1]. Según Sánchez Gómez [5] *“los juegos serios o serious games son objetos y/o herramientas de aprendizaje que poseen en sí mismos, y en su uso, objetivos pedagógicos, didácticos, que posibilitan los participantes o jugadores a obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos”*. La gamificación, *usa mecánicas basadas en juego, su estética y el pensamiento del juego (game thinking) para motivar a la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas»* [6].

En un trabajo anterior [7], se presentó la idea y prueba piloto de dispositivo lúdico, un “juego serio” (*serious games*) como propuesta innovadora para incorporar al diseño curricular de una materia de Ingeniería Industrial (diseño y desarrollo). En otro trabajo [8] se describió el esquema metodológico basado en competencias para su implementación, que puede verse en la Figura 1.



Figura 1: Fases de la metodología basada en competencias

El presente trabajo describe, a partir de [7] y [8] un instrumento de evaluación para comprobar si se alcanzan los resultados de aprendizaje, es decir, ¿cómo podemos evaluar si los estudiantes aprenden a través de esta lúdica?

La evaluación, como la define Pérez Juste es un *“proceso sistemático, diseñado intencional y técnicamente, de recogida de información, que ha de ser valorada mediante la aplicación de criterios y referencias como base para la posterior toma de decisiones de mejora, tanto del personal como del propio programa”* [9].

La propuesta se enmarca dentro de una investigación más amplia que actualmente está en desarrollo con sede en la UNR - Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura, conjuntamente con integrantes de la UTN - Facultad Regional San Nicolás.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Diseño y puesta en marcha del material lúdico

La experiencia lúdica llevada a cabo desarrolla un tema de la materia Planificación y Control de la Producción. El contenido de enseñanza es el sistema *Kanban* (palabra japonesa que significa etiqueta de instrucción). *Kanban* es una señal de comunicación de un cliente a un productor; un sistema de información para controlar la producción, el transporte de materiales y los inventarios. Su principal función es conformar una orden de trabajo, que brinda información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, a través de qué medios y la manera de transportarlo.

En las plantas productivas, estas tarjetas permiten coordinar las cargas de trabajo y los requerimientos entre los diferentes procesos.

En el aula, este contenido puede ser difícil de visualizar y asimilar por parte del estudiante, en particular si no está vinculado a una práctica profesional o laboral.

Se busca para ello simular, a través de un dispositivo lúdico un proceso productivo de fabricación de un número definido de tractores de madera (juguete) compuesto por cinco operaciones y un número de personas encargadas del suministro de materias primas a través del sistema *Kanban* (tarjetas de producción y de transporte).

Se utilizan una serie de recursos y materiales para el desarrollo del juego: carrocerías de tractor (de distintos colores para simular distintos pedidos), ruedas, varillas de madera, tarjetas con instrucciones y material para el armado (pistola de silicona, sierra de arco, tijera, etc.).

Se describe previamente el protocolo y las instrucciones para los participantes (estudiantes), diagrama de flujo de las operaciones y roles asignados a docentes y moderadores. Este paso es crítico para esclarecer momentos de inicio y final del juego, tiempos involucrados, aspectos organizativos, ambientación y distribución del espacio, así como situaciones arbitrarias que pueden incidir en las decisiones durante la dinámica.

Para correr el juego, un participante simula la demanda al azar de la fabricación del producto (tractor). Con la tarjeta correspondiente le solicita dicho producto a ensamblaje. La persona ubicada en este puesto al efectuar la entrega y ver reducir su stock mínimo pasa las tarjetas de producción correspondientes a los puestos anteriores (pegado y armado de ruedas y eje), los cuales le suministran las partes pedidas y ensambla repondrá su stock mínimo. Estas dos estaciones verán reducir sus existencias y realizarán lo mismo con sus puestos anteriores y así sucesivamente.

Hasta el momento, el grupo de investigadores realizó pruebas piloto para ajustar el protocolo, la dinámica y fluidez, los roles de los actores y los tiempos de ejecución.

En el siguiente gráfico se muestra en Diagrama de Flujo de las Operaciones.

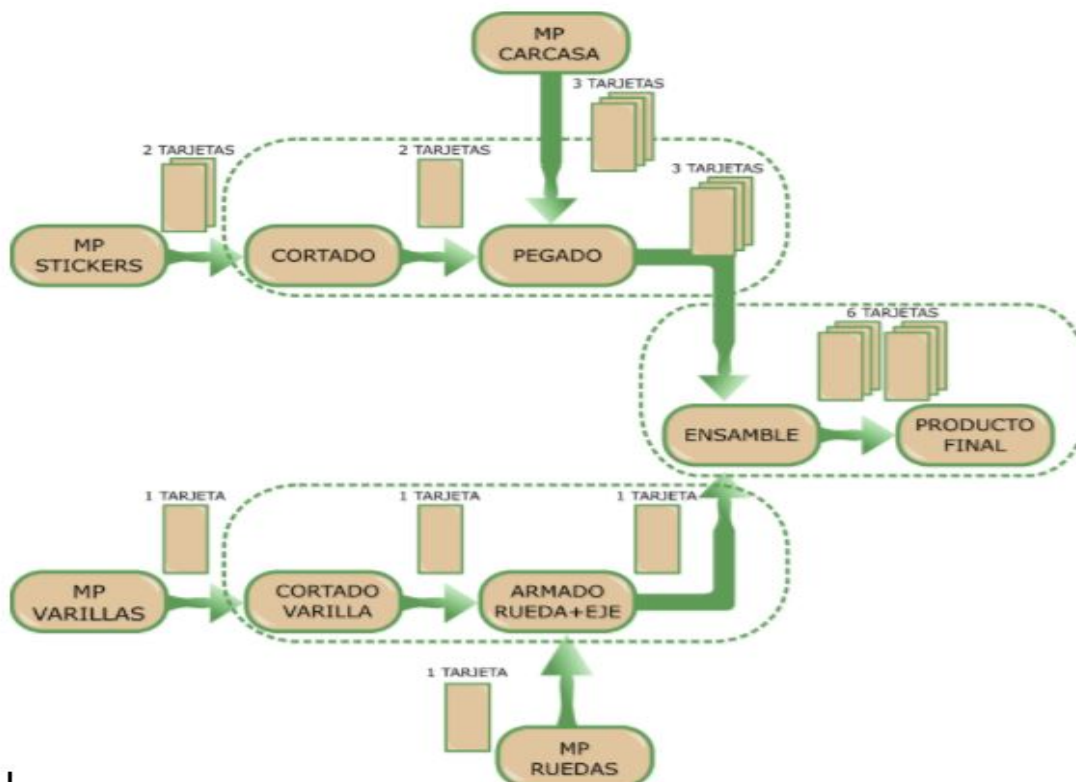


Figura 2: Diagrama de Flujo de las Operaciones

La experiencia lúdica favorece el aprendizaje centrado en el estudiante: el conocimiento específico (*Kanban*) en la acción y una serie de competencias durante el desarrollo, tal como si los alumnos estuvieran en el campo de trabajo ejerciendo la actividad profesional. Estas competencias se detallan y especifican para permitir su evaluación mediante un instrumento adecuado, con el objetivo de conocer si se aprenden contenidos a través de la aplicación de juegos serios.

### **Competencias**

Su formulación se analiza en relación a tres contenidos: conceptuales (relativo al dominio lógico disciplinar), procedimentales (destrezas, habilidades, estrategias, desempeños), y actitudinales (valores, normas y actitudes que estén vinculadas a las dimensiones éticas y sociales).

Utilizando estos conceptos en el juego planteado, quedarían definidas de la siguiente forma:

**CONTENIDOS CONCEPTUALES:** entender el significado de *Kanban* como concepto, comprender una cadena productiva, visualizar el proceso de ensamblado de manera simulada, entender el concepto de clientes internos, comprender la interrelación de factores en un proceso, visualizar el flujo de materiales en un proceso, comprender el concepto de *just in time*.

**CONTENIDOS PROCEDIMENTALES:** destrezas, habilidades, estrategias, desempeños. Los estudiantes deben poder interpretar la lectura de los procedimientos, comprender las tarjetas utilizadas en el juego, ensamblado, entregar-recibir materia prima, ensamblar piezas, secuencia de operaciones.

**CONTENIDOS ACTITUDINALES:** los alumnos deben poder trabajar en equipo, comunicarse de manera efectiva, negociar, cambiar roles cuando sea necesario, escuchar al otro, tomar decisiones de acuerdo al curso de la operación lúdica.

### **2.2 Evaluación**

En función de la propuesta desarrollada se proponen los siguientes pasos para elaborar una adecuada *evaluación* de los contenidos anteriormente señalados:

- ✓ Definir las competencias asociadas.
- ✓ Establecer los criterios de evaluación o indicadores del logro o desempeño.
- ✓ Seleccionar el tipo de evaluación que se va a aplicar (autoevaluación, coevaluación o heteroevaluación), y las técnicas e instrumentos de evaluación que se utilizarán para obtener información objetiva sobre el desarrollo y adquisición de la competencia por el estudiante.
- ✓ Efectuar la recolección de evidencias mediante la observación y el uso de instrumentos.
- ✓ Analizar la información recolectada. Aquí se procederá a valorar el logro del estudiante, es decir, a elaborar un juicio sobre el grado de competencia que ha alcanzado y si se dispone de valores estándares se puede efectuar una comparación.
- ✓ Posteriormente se procederá a la retroalimentación, evidenciando posibles puntos fuertes y débiles para poder transmitir a los estudiantes.

En este trabajo se diseñaron tres herramientas de evaluación para cada uno de los contenidos señalados en el apartado 2.1.

#### **Evaluación de los contenidos conceptuales**

En esta instancia se propone desarrollar un *test* o examen de los contenidos técnicos y conceptuales que se trabajaron en la lúdica en alguna de las dos modalidades siguientes:

- a- En el momento en el cual se desarrollan las conclusiones del juego, realizando no más de cinco (5) preguntas con formato cerrado de respuestas, con asistencia de un software interactivo. Los alumnos tendrán la aplicación instalada en su teléfono celular. De este modo se logra reunir las respuestas en forma inmediata y participativa, permitiendo que el grupo visualice las respuestas correctas. Esto posibilita corregir alguna interpretación no adecuada del contenido impartido desde el juego en forma rápida. Además, permite la sistematización y la oportunidad de disponer de un comparativo base para siguientes pruebas.
- b- Elaborar un examen o *test* de conocimientos teóricos y prácticos asociados en este caso a *Kanban* en una instancia temporal posterior al juego. Con esta herramienta se pretende medir la internalización del contenido impartido, es decir la incorporación del conocimiento "en el tiempo".

#### **Evaluación de los contenidos procedimentales**

Para poder evaluar los contenidos procedimentales que se consideran importantes en este trabajo, se diseña una rúbrica. En la misma se detallan las competencias que sean relevantes en la lúdica y su escala de valoración. La misma se completará para cada uno de los participantes del juego,

valorando el grado de dominio de cada uno sobre las destrezas o un entrenamiento específico. En la Tabla 1 se muestra dicho instrumento.

Tabla 1: *Rúbrica para evaluar contenidos procedimentales*

<b>Rúbrica de las competencias procedimentales que interesan en el juego</b>				
	<i>Logro mínimo</i>	<i>Logro básico</i>	<i>Avance de calidad</i>	<i>Logro de excelencia</i>
<i>Interpreta los procedimientos explicitados</i>	Entiende básicamente lo que debe hacer	Entiende lo que debe hacer	Entiende lo que debe hacer y lo realiza con empeño	Entiende lo que debe hacer y agrega otras opciones
<i>Comprende las de tarjetas a utilizar</i>	Comprende las tarjetas pero tiene dificultades de uso	Comprende las tarjetas y las sabe usar	Comprende las tarjetas y las utiliza en forma correcta sin errores	Comprende las tarjetas, las utiliza sin errores y genera otras formas de uso
<i>Ejecuta la operación de ensamblado</i>	Ensambla con dificultades que entorpecen el proceso	Ensambla con dificultades que no entorpecen el proceso	Ensambla correctamente	Ensambla correctamente e identifica formas novedosas de hacerlo
<i>Sigue la secuencia de las operaciones establecidas</i>	No respeta totalmente la secuencia de operaciones	Respeta parcialmente la secuencia de operaciones	Respeta la secuencia de operaciones	Respeta, comprende y analiza la secuencia de operaciones

#### **Evaluación de los contenidos actitudinales**

Para evaluar estos contenidos, se ha diseñado como instrumento para la recolección de la opinión de los participantes una encuesta semi-estructurada; distribuida entre los participantes del juego una vez culminado el mismo. En cada una de las preguntas se considera una escala del 1 al 5 para indicar la valoración de la respuesta. La categoría 1 corresponde a la opción más desfavorable (o nivel bajo), y la 5 a la más favorable (o nivel alto). El número impar de categorías permite considerar a la categoría 3 como la opción neutra o indiferente (o nivel medio).

En la Figura 3 se detalla esta herramienta.

# ENCUESTA A LOS PARTICIPANTES

Gracias por realizar esta encuesta. Los resultados serán de gran utilidad para el desarrollo del proyecto "DISEÑO Y DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS UTILIZANDO JUEGOS

Figura 3: Encuesta para evaluar contenidos actitudinales.

### 3. CONCLUSIONES.

En este trabajo se explicita una experiencia que resalta la importancia de desarrollar instrumentos útiles y de sencilla aplicabilidad, que permitan en la práctica, la evaluación de competencias

asociadas al aprendizaje, a partir de actividades lúdicas. Estos instrumentos proponen acciones que buscan medir, además de los contenidos técnicos, conceptuales y destrezas de los estudiantes, la mayor o menor motivación y empatía de los estudiantes con la gamificación en el ámbito universitario.

Para poder llegar a una conclusión acerca de si efectivamente se aprende con gamificación, es necesario disponer de herramientas que brinden resultados objetivos del aprendizaje, obviando la subjetividad y opiniones relativas. Por tal motivo, se proponen instancias de test, rúbricas y encuestas, que permitan poner de manifiesto el grado real de la adquisición de una determinada competencia. Asimismo, disponer de pautas que faciliten la obtención de datos e información para su sistematización y análisis, contribuye a la retroalimentación y mejora del proceso en sí mismo, aspectos indispensables para nuevas corridas o para actualizaciones a instrumentar.

#### **4. REFERENCIAS.**

- [1] ANECA, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación de España, Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. Madrid.
  - [2] CONEAU 2001, Aportes para la reformulación de la propuesta del CONFEDI.doc. de Trabajo.
  - [3] CONFEDI 2005, Proyecto estratégico para la reforma curricular de las Ingenierías StaFe.
  - [4] Mastache, A. (2007). Formar personas competentes, Buenos Aires.
  - [5] SanchezGomez M. 2007 Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
  - [6] Kapp Karl M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. John Wiley & Sons
  - [7] Cerrano, Marta; Gallegos, María Laura; Feraboli Luis(2017). "Diseño y desarrollo de un dispositivo lúdico de aprendizaje". 10mo Congreso de Ingeniería Industrial (COINI), Buenos Aires, Argentina.
  - [8] Cerrano, Marta; Gallegos, María Laura; Gómez, Daniela. (2018). "Aprendizaje activo con gamificación". 4to Congreso Argentino de Ingeniería (CADI), 10mo Congreso Argentino de la enseñanza de la Ingeniería (CAEDI), Córdoba, Argentina.
  - [9] Pérez Juste, R. (1995). Evaluación de programas educativos (pp. 71-106). En A. Medina y L. M. Villar (coords.), Evaluación de programas educativos, centros y profesores. Madrid: Universitas
-

# Enseñanza de costos de calidad combinando TIC y gamificación

Valentini, José; Gallegos, María Laura\*; Moschini, César; Matesin, Anabella;  
Cinalli, Marcelo.

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás.*

*Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires.*

*pvaletini@frsn.utn.edu.ar, mgallegos@frsn.utn.edu.ar, cmoschini@frsn.utn.edu.ar,  
amatesin@frsn.utn.edu.ar, mcinalli@frsn.utn.edu.ar*

## RESUMEN

Las nuevas tecnologías y formas de gestionar el conocimiento suponen un desafío para los docentes, en la búsqueda permanente de abordajes de enseñanza a las generaciones nacidas con el auge de internet y las telecomunicaciones. Las demandas actuales exigen profesionales formados no solo en el conocimiento específico, sino en otras competencias, relacionadas con habilidades sociales y destrezas actitudinales.

En 2017, en el marco de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo, se diseñó e implementó una propuesta lúdica para promover el aprendizaje de un tema específico (costo de calidad), potenciando la motivación, la comunicación y el trabajo en equipo. La lúdica se realizó en una materia de quinto año de ingeniería industrial, alcanzando los resultados esperados, tanto en el test de conocimiento realizado a los alumnos, como en la encuesta semiestructurada respondida por los participantes.

Este trabajo presenta la reformulación de esa lúdica, diseñada completamente sobre una plataforma gratuita que permite la creación de cuestionarios en su versión virtual (computadoras o app desde el teléfono celular). La propuesta es más dinámica y ágil que su versión original. La misma presenta un funcionamiento más tecnológico como consecuencia del uso de alternativas TIC más apropiadas. Atendiendo además a las oportunidades de mejora aportadas por el equipo de observadores y al análisis de resultados de las encuestas semiestructuradas realizadas por los participantes.

**Palabras Claves:** juegos serios, estrategias didácticas, costos de calidad

## ABSTRACT

Modern technologies and the newest ways to manage knowledge became a challenge for faculty responsible to look for a suitable educational approach to teach those students which were born in the internet and communications' peak. Nowadays, professionals with specific knowledge aren't enough, however other skills as social or behavioral are demanded.

During 2017, a ludic proposal to develop learning in a specific topic was designed and carried out as part of a research project; this approach improves motivation, communication, and teamwork. Students, in a last year industrial engineering subject, were taught with it; the research goals were achieved, as well as in the written test given to them as in the survey they completed afterwards.

In this paper this proposal is transformed, redesigned completely on a free platform which allows us to create questionnaires online (PCs or mobiles). This way is more dynamic and agile than on its original version, and it takes advantage of technology as a resource because of the use of more appropriate IT. Also, we had the opportunity to improve it, as we had had information given to us the time we used it by faculty watching it and the output of the surveys the students had completed.



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo con sede en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario en conjunto con la UTN-FRSN, denominado “Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial” – Parte II.

Las nuevas tecnologías y formas de gestionar el conocimiento suponen un desafío para los docentes, en la búsqueda permanente de abordajes de enseñanza a las generaciones nacidas con el auge de internet y las telecomunicaciones.

Las demandas actuales exigen profesionales formados no solo en el conocimiento específico, sino en otras competencias, relacionadas con habilidades sociales y destrezas actitudinales, fortaleciendo a la universidad como pilar fundamental de la sociedad en este desafío.

Se busca promover un aprendizaje activo, por parte de los estudiantes, que los implique en el aula, los invite a resolver problemas y tomar decisiones interactuando de manera colectiva, y los entrene en la habilidad de afrontar de manera flexible distintas situaciones.

En este trabajo, se presenta una alternativa lúdica para enseñar el tema “costos de calidad” en la materia Ingeniería en calidad de la carrera ingeniería industrial, combinando Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y gamificación.

La gamificación implica un proceso por el cual se añaden elementos lúdicos a una experiencia con el fin de mejorar, principalmente, la motivación y participación de los participantes para alcanzar objetivos planteados del aprendizaje. La clase (experiencia) se gamifica a través del tema elegido y se busca que los alumnos adquieran conocimientos sobre temáticas que puedan resultar de difícil comprensión o sea interesante vincular a una vivencia o experiencia.

La actividad lúdica se centró en un juego de mesa que se complementó con una aplicación (app) para enseñar conceptos relacionados a costos de calidad a los participantes. Esta app interactúa con los teléfonos celulares, para que los participantes reciban consignas y obtengan como resultado el acierto o desacierto en función de la respuesta dada.

Para llevarse a la práctica, requirió de moderadores con distintos roles y un análisis previo exhaustivo, tanto en contenidos como en protocolo y dinámica.

Esta dinámica surge de un juego previo realizado en 2017 llamado Técnicas y Estrategias de Costos de Calidad (TECCal) que fue adaptado para poder utilizarlo incluyendo la implementación de la aplicación.

## 2. MARCO TEÓRICO

Las transformaciones permanentes en el mundo del trabajo, así como las modificaciones en los procesos de gestión de la información y del conocimiento, y la forma de conocer e investigar en nuestra sociedad, dan pautas de nuevas necesidades formativas en el aula y en la universidad. Esta situación coloca a las instituciones educativas ante la exigencia de producir cambios en el currículum y en la enseñanza con la intencionalidad de mejorar la calidad de las formaciones que se pretenden lograr.

Ante esta demanda, se plantea la experiencia de los juegos serios como una posibilidad de respuesta a estos nuevos escenarios. Según Sánchez Gómez [1] “los juegos serios o *serious games* son objetos y/o herramientas de aprendizaje que poseen en sí mismos, y en su uso, objetivos pedagógicos, didácticos, que posibilitan los participantes o jugadores a obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos”. Utilizan elementos de juegos en un contexto diferente (como lo es una clase) para aumentar la motivación y el compromiso con lo que se enseña, cualidades que son beneficiosas en el proceso de aprendizaje, además de mejorar la experiencia que tiene el alumno [2].

El ejercicio continuado de un juego desarrolla las habilidades de ejecución concretas que forman parte de los objetivos pedagógicos del mismo, siendo la dificultad específica de esta práctica la del diseño de una actividad lúdica óptima para el aprendizaje [1] La gamificación, usa mecánicas basadas en juego, su estética y el pensamiento del juego (*game thinking*) para motivar a la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas» [3].

De acuerdo con Giessen, por el momento, no hay evidencia concreta de los beneficios de integrar a los juegos en general a una actividad o contexto (gamificación), pero se apunta al estudio de qué tipo de juegos se pueden utilizar y cómo se los presenta, a priori, para obtener mejores resultados en una temática específica, en una situación determinada y en un ámbito propicio (tomando en cuenta ciertos perfiles de alumnos, por ejemplo) [4].

Estudios actuales sugieren que los tipos de juegos con mayores beneficios son los de simulación y de rol, aunque son también éstos los que se encuentran entre los que más trabajos se han realizado [5].

Para el diseño del juego serio se pueden imitar elementos fundamentales de juegos de entretenimiento exitosos como son: competencia y metas, reglas, actividades desafiantes, decisiones, y elementos de fantasía [6].

Durante 2017 se desarrolló una lúdica procurando dos objetivos principales. El primero fue desarrollar una herramienta de apoyo para mejorar la calidad de la formación del estudiante y que

promueva el aprendizaje, potenciando la motivación, la comunicación y el trabajo en equipo. El segundo objetivo proyectado fue analizar si se registraban mejoras significativas en la aprehensión de los conocimientos que comúnmente resultan de difícil comprensión, evaluando así si la herramienta propuesta resultaba apropiada. La propuesta se desarrolló alcanzando los resultados esperados, tanto en el test de conocimiento realizado a los estudiantes, como en la encuesta semiestructurada respondida por los participantes [7].

Este trabajo presenta la reformulación de esa lúdica, con un funcionamiento más tecnológico como consecuencia del uso de alternativas TIC más apropiadas. Actualizando dicha herramienta y diseñándola completamente sobre una plataforma gratuita que permite la creación de cuestionarios en su versión virtual (computadoras o app desde el teléfono celular). La propuesta es más dinámica y ágil que su versión original.

Para la reformulación, se atendió además a las oportunidades de mejora aportadas por el equipo de observadores y al análisis de resultados de las encuestas semiestructuradas realizadas por los participantes en la versión anterior [7].

La utilización de una lúdica genérica, que en este caso puede ser explicitada y desarrollada con el contenido didáctico “Costos de la calidad”, tiene un alcance que puede abarcar cualquier cátedra, ya sea con esta temática u otra. Además, extenderse a capacitaciones en empresas con interés en este tipo de contenidos.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1 Descripción de la lúdica anterior**

De acuerdo con las entrevistas a docentes, la temática elegida “costos de calidad” suele ser un tema de dificultosa comprensión y aplicación en la resolución de problemas. Además, la enseñanza tradicional del tema se realiza de manera expositiva y teórica, con la consecuente resolución de un ejercicio. Por ello se pensó en una estrategia lúdica que colabore en la experimentación y el aprendizaje activo.

La lúdica daba comienzo con la lectura en equipo de material teórico sobre el tema a enseñar, armado previamente por la cátedra, para realizar una introducción al mismo. En el inicio todos los jugadores/equipos recibieron instrucciones y se les asignaba como punto de partida la misma situación inicial.

Los componentes y materiales didácticos necesarios para el desarrollo del juego incluían:

- Un (1) dado
- Un (1) tablero
- Fichas
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de situación
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de contingencias
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de oportunidad/preguntas
- Planilla de decisiones
- Planilla de puntuación
- Planilla de tarjetas de situación
- Instructivos
- Material de lectura previo

El juego se llevó a cabo con la participación del docente en rol de moderador, y colaboradores que ayudaron a agilizarlo con la toma de puntos, por ejemplo. La dinámica consistía en recorrer los casilleros de un tablero, arrojando un dado y avanzando según el número que indique, asumiendo que la ficha puede situarse en una casilla que implique distintas alternativas de preguntas o situaciones de análisis relativas a costos de calidad, por ejemplo, una pregunta/oportunidad, simbolizada por “?”, “!” o “rayo”, o una contingencia, simbolizada por los signos “+” y “-” o simplemente quedar en un lugar vacío sin acción a seguir.

Las tarjetas de oportunidad se dividían en 3 (tres) categorías de dificultad (baja, media, o alta, correspondientes cada una a un color en el tablero).

- Dificultad alta (rojo): preguntas de respuesta abierta
- Dificultad media (azul): preguntas de verdadero o falso
- Dificultad baja (verde): preguntas de opción múltiple

Cada casillero tenía diferente puntaje según la categoría de pertenencia. Ante el acierto, los participantes “ganaban” una tarjeta de situación con un caso de costos a clasificar y que podían discutir en grupo y que los ayudaría en la evaluación final. Las preguntas apuntaron a mejorar la comprensión de los diferentes tipos de costos de calidad. Finalmente, el aprendizaje se evaluó a través de una lista de ítems de costos pertenecientes a una planta envasadora proporcionada a los alumnos, la cual tuvieron que analizar y clasificar, ayudados por el debate previo.

#### **3.2 Posibles mejoras**

Durante la corrida realizada en 2017, el desarrollo de la lúdica fue de fácil y rápida comprensión, el 100% de los alumnos se prestaron con gran entusiasmo a realizarla y se logró en la evaluación un acierto de 80% respuestas. Considerando lo acontecido en el desarrollo del juego y los resultados

descriptivos se obtuvieron diversas contribuciones entre las cuales se mencionan: la motivación y adhesión de los participantes, el uso de conceptos específicos, el espacio colaborativo generado, co-participativo y de consenso y la asociación de contenidos teóricos a una vivencia o experiencia. Sin embargo, se encontraron oportunidades de mejora, a partir de los resultados de las encuestas y las recomendaciones de los observadores:

- Diferencia sustancial de tiempo que requerían ciertas preguntas con respuesta abierta para responder en comparación con las de opción múltiple o verdadero y falso, esto atentó contra el entretenimiento y dinámica del juego. Mientras el grupo que debía contestar pensaba, el resto observaba las respuestas.
- Dificultades para definir cuando una pregunta abierta era del todo correcta o cuantas veces debía intervenir el docente repreguntando para obtener del alumno una respuesta completa.
- Discrepancias en las oportunidades brindadas por el juego, algunos tuvieron preguntas largas y de pensar por mucho tiempo, a otros grupos les tocaron en varias oportunidades casillas vacías, por lo que en la mayor parte del juego tuvieron un rol pasivo.

Si bien la propuesta de juego aplicado a costos fue muy bien recibida, la dinámica por momentos resultó lenta con tiempos diferentes a los previstos.

Del análisis anterior, la alternativa para la revisión fue la necesidad de estandarización del juego. Con la ayuda de las TICs, se realizaron mejoras en los tiempos de participación y turnos por equipos, y las alternativas de respuesta para todos los participantes en simultáneo.

Se simplificó el tablero (incluyendo menos actividades), las preguntas se presentan en una plataforma online con acceso a través de una app desde el celular, teniendo todos los participantes la oportunidad de responderlas y adquirir puntos.

Con estas mejoras se procuró que los participantes tomen un rol activo en todas las rondas del juego.

## **4 EXPERIENCIA LÚDICA**

### **4.1 Nueva versión de TECCAL**

La nueva versión de la lúdica mantuvo la característica de juego en equipos. Cada equipo de estudiantes se identificó con una ficha de distinto color en el casillero de largada para iniciar el recorrido del tablero, el cual, también fue adaptado para esta nueva versión. El mismo se muestra en la figura 1 de la sección 5.

Los equipos deben avanzar el número de casilleros que arroja el dado según su turno. Una vez posicionados, responden preguntas debatiendo en equipos para sumar puntaje. La explicación de la dinámica de preguntas y respuestas en la plataforma se detalla en la subsección 4.2. Las instrucciones y reglas del juego en la subsección 4.3.

Los componentes y materiales didácticos necesarios para el desarrollo del juego incluyen:

- Celular (*app kahoot!* [8] descargada).
- Un (1) dado
- Un (1) tablero
- Fichas (distintos colores)
- Planilla de puntuación
- Instructivos
- Material didáctico de presentación

Los profesores y colaboradores asumieron el rol de moderadores con distintas funciones bien definidas (la secuencia numérica siguiente no implica importancia o categoría), como sigue:

- Moderador 1: brindar explicaciones teóricas y justificaciones breves para las respuestas desacertadas.
- Moderador 2: explicar las instrucciones, sus reglas, evacuar todas las dudas con respecto al protocolo del juego.
- Moderador 3: Leer en voz alta la pregunta y dar seguimiento al programa “*Kahoot!*” proyectado
- Moderador 4: ordenar fichas, controlar tirada y puntajes del dado, revisar respuesta en celulares y registro de puntajes en planilla por equipos, verificando quien constituye el equipo ganador.

### **4.2 Diseño de la plataforma virtual**

Para esta nueva modalidad del juego, se decidió utilizar la plataforma “*Kahoot!*” [9] para favorecer la agilidad y participación de todos los equipos durante el desarrollo de las preguntas y respuestas. En esta herramienta se pueden cargar texto e imágenes con la intención de ser proyectadas para su visualización. Los participantes, por su parte, debieron descargar la aplicación en su celular (o pueden ingresar por una pc o notebook) para responder a la pregunta/consigna.

Esta plataforma posee cuatro tipos de actividades, “Jumble”, “Discussion”, “Survey” y “Quiz”. “Jumble” es una actividad en la cual, a partir de una consigna se deben ordenar las respuestas dadas, “Discussion” se utiliza para abrir un debate a partir de una pregunta disparadora, “Survey” es una herramienta para realizar encuestas a los participantes y “Quiz” significa que luego de una consigna se debe elegir entre diversas opciones la correcta, mejor conocidos en la vida académica como “multiple choice”. Esta última fue la más apropiada para esta lúdica.

Se creó, entonces, un “kahoot!” del tipo “Quiz”, donde se pueden cargar situaciones con hasta cuatro posibles respuestas y se decidió que sólo una de las cuatro sea la correcta. En la figura 2 de la sección 5 se puede ver la pantalla de carga de la pregunta. Para el alta de preguntas se realizaron las siguientes adecuaciones:

- Se dieron de alta las preguntas en *kahoot!* en formato imagen, ya que por cuestiones de diseño, la plataforma solo acepta 95 caracteres, lo que brindaba poca información sobre la situación de costos a analizar por el participante/equipo.-
- Las respuestas debían tener un máximo de 60 caracteres, por lo que fue imposible mantener las preguntas exactas que se habían utilizado en la dinámica del año anterior.
- Otra necesidad del juego era medir la velocidad de respuesta a cada pregunta, esto se consiguió manteniendo la opción de “Award points” o “Ganar puntos” en todas las preguntas. Como resultado, en cada instancia *kahoot!* se le asigna un puntaje a cada jugador o equipo en función de la velocidad de respuesta siempre y cuando haya contestado correctamente.

De esta manera se cargaron 67 preguntas del tipo Verdadero/Falso o clasificación del tipo de costo de calidad [10]. Luego se configuró *kahoot!* como se muestra en la figura 3 de la sección 5, bajo las siguientes opciones:

- “Enable Answer Streak Bonus” en la posición desactivada, ya que, los puntos *kahoot!* solo servirían como medida del tiempo de respuesta y no como del sistema de puntaje estipulado para el juego.
- “Randomize order of questions” en la posición desactivada, para mantener el orden de carga de las preguntas asegurando el azar Ej. que no haya consignas relacionadas al mismo costo.
- “Automatically move through questions” en la posición desactivada, para brindar al docente tiempo de justificar la respuesta correcta, la contabilización y seguimiento de los puntajes parciales del juego. También permite realizar la tirada del dado para una nueva pregunta y avance consecuente del equipo de turno.

Las demás opciones no hacen a la dinámica y podrían estar o no activadas según la preferencia de los moderadores del juego.

Luego de esta pantalla, se tiene acceso al pin del juego, con este número los participantes ingresaron a la app en el celular conectándose con un nombre o apodo. Allí se inicia la dinámica, lanzando el dado, comenzaba quien tenga el número más alto y una vez que se avanzaba se habilitaba una pregunta del *kahoot!* por el moderador, como se explicará en la subsección 4.3. En la figura 4 de la sección 5 se presenta como se veían los dos tipos de pregunta proyectados, mientras que en la figura 5 de la sección 5 podemos observar la pantalla de los celulares: los participantes debían tocar el símbolo donde se encontraba la respuesta que consideraban la correcta. Cuando todos respondían o se acababa el tiempo, si acertaban, la pantalla de su celular se colocaba en color verde, mostrando una medida del tiempo que tardaron en contestar (puntos de *kahoot!*). Si por el contrario se equivocaban se colocaba en color rojo como se muestra en la figura 6 de la sección 5. Con esta metodología, dejamos atrás las preguntas individuales que volvían lento al juego en su versión original, alcanzado una participación activa en los alumnos en todo el recorrido de la actividad, quienes contestan preguntas con la intención de ser más rápidos que el resto, teniendo una recompensa en puntaje por ello.

### **4.3 Instrucciones**

#### **Dinámica**

El desarrollo del juego comenzó con una explicación dada por el moderador 1 sobre la temática “Costos de calidad” a los participantes. Luego, se expusieron las instrucciones y reglas, evacuando todas las dudas, tarea a cargo del moderador 2.

Al inicio, un participante del equipo lanzó el dado y avanzó la ficha en el tablero, tareas de seguimiento y control que realizó el moderador 4.

El moderador 3 proyectó una a una las preguntas del *Kahoot!* leyendo el texto a viva voz. Los participantes tuvieron la oportunidad de seleccionar respuestas en *Kahoot!* desde sus celulares. El moderador 4, se encargó de controlar tiempos de respuesta, verificar tiempo cumplido y equipos que respondieron correctamente (revisando las pantallas de los celulares). Finalmente registró los puntajes en la planilla de puntuación.

Finalizada cada pregunta-respuesta, el moderador 1 brindó aclaraciones acerca de las opciones o justificación de respuestas. Reiniciando el ciclo cada vez una nueva tirada de dados. En la Figura 7 de la sección 5 se puede visualizar la prueba piloto realizada con alumnos y moderadores. La experiencia se realizó dos (2) veces, la primera prueba con el equipo de moderadores (alumnos y docentes del grupo de investigación) y la segunda, en el aula, según se describe en este trabajo.

#### **Pautas y puntajes**

Todos los participantes podían responder preguntas simultáneamente, la condición propuesta fue responder en el tiempo fijado por el juego.

- El equipo que arrojaba el dado, jugaba por cinco (5) puntos si acertaba.
- El resto jugaba por un (1) punto: obtenido sólo por quien contestaba correctamente más rápido.

Así los participantes fueron avanzando según los números arrojados por el dado, obteniendo diferencia de puntajes en función de los aciertos logrados.

### **El estilo de preguntas**

Las preguntas asumieron el formato de verdadero o falso o de clasificación de costos.

- Verdadero o falso: se debía determinar si la afirmación que aparece en pantalla era verdadera o falsa en función del material previo proporcionado y del debate del equipo, ajustados a un tiempo determinado (t=2 minutos). El moderador leía en voz alta la justificación correcta.
- De clasificación: costos de prevención, evaluación, fallas internas y fallas externas. El equipo debía clasificar el ejemplo de costo que se presentaba en la pantalla en función del material previo proporcionado y del debate del equipo, ajustados a un tiempo determinado (t=2 minutos). Al terminar, el docente lee en voz alta la justificación correcta.

### **El tablero**

Se incluyeron ciertos casilleros del tablero para obligar a realizar una actividad adicional:

- Un equipo podía “caer” en un casillero con su mismo color, esto implicaba duplicar puntaje obtenido (10 puntos).
- Un equipo podía “caer” en un casillero con un signo ?, llamado “desafío”, en donde debía responder una pregunta adicional expuesta verbalmente por un moderador, relacionada con el tema costos de calidad. Tendrá 3 opciones y deberá seleccionar la correcta. Si respondía correctamente tenía diferentes consecuencias según la pregunta.

### **Ganador del juego**

Al llegar a la meta el primer equipo (llegada), el juego llegó a su fin. Se contabilizaron los puntos por el moderador siendo el equipo ganador aquel con más puntaje obtenido. Por razones de tiempo, el juego debió detenerse antes de llegar a la meta, por lo que se contabilizaron puntajes para conocer el ganador entre los participantes.

### **La evaluación del contenido**

Los componentes y materiales didácticos necesarios para la evaluación del juego incluyeron: diez (10) tarjetas de situación y una (1) planilla de decisiones (sección 5, figura 8). Los participantes debieron completar la planilla según el tiempo asignado en forma individual, clasificando las distintas situaciones descritas en las tarjetas de acuerdo al tipo de costo de calidad correspondiente. Finalmente, se compararon los resultados teóricos con los obtenidos.

## **4.4 Resultados**

### **Percepción del juego**

Como instrumento para la recolección de opinión, se utilizó una encuesta semi-estructurada, que se distribuyó al finalizar el juego y fue respondida por los diez (10) participantes (nivel de respuesta 100%).

En cada una de las preguntas se consideró una escala del 1 al 5 para indicar la valoración de la respuesta. La categoría 1 corresponde a la opción más desfavorable (o nivel bajo), y la 5 a la más favorable (o nivel alto). El número impar de categorías permite considerar a la categoría 3 como la opción neutra o indiferente (o nivel medio).

Se presentaron preguntas que hacen referencia al desarrollo en sí del juego y también otras asociadas a la dinámica de la lúdica para conocer si fue observado: lento, dinámico, tedioso, divertido, complejo, simple, entre otras posibilidades. Finalizando con algunas preguntas dirigidas a conocer las características personales del encuestado.

En la figura 9 de la sección 5 se muestran los gráficos de barras correspondientes a las respuestas obtenidas en las preguntas.

En cuanto a la pregunta 1 (1: Antes de comenzar este taller, ¿qué nivel de conocimiento tenía sobre “costos de calidad”?) se puede observar que la mayoría de los participantes encuestados considera tener muy poco conocimiento previo (categoría 1), con un 66,7%. En la pregunta 2 (2: ¿Considera que el juego en el que acaba de participar aumentó el nivel de conocimiento que tenía sobre “costos de calidad”?) la mayoría de los encuestados seleccionó la categoría 5 (mucho) sumando el 55,6 %.

Algo similar ocurrió con la pregunta 3 (3: ¿Qué tan útil le parece que es un juego para incorporar conocimientos de un tema específico?), en la que sólo dos encuestados respondieron seleccionando la categoría 3 (medio) mientras que el resto optó por las categorías 4 (bastante) y 5 (mucho) con un total de ambas categorías del 88,9%.

Las preguntas 4, 5, 6 y 7, hacen referencia al desarrollo en sí del juego.

Las respuestas obtenidas en la pregunta 4 (4: Las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad, ¿le resultaron claras y comprensibles?), van desde la categoría 2 (poco) hasta la 5 (todas), siendo la más elegida la categoría 5 con un 66,7%. Mientras que en la pregunta 5 (5: ¿Cómo considera que fue la interacción con los otros participantes de su equipo?) las dos únicas

categorías seleccionadas como respuesta fueron 3 (fluida), 4 (bastante fluida) siendo la pregunta 5 (muy fluida) la más elegida con un 66,7%.

En la pregunta 6 (6: A partir de los datos estadísticos relevados, ¿cómo le resultó la interpretación de los mismos?) solo fueron seleccionadas las categorías 3 y 4, y 5, siendo la mayoritaria la categoría 4 con un 88,9%. La pregunta 7 (7: El equipo, ¿llegó a las conclusiones esperadas indicadas por el instructor?) las dos categorías superiores con un 66,7% y 44,4%.

La pregunta 8 (8: En cada uno de los puntos siguientes marque el número que más se aproxime a la valoración que usted realiza del juego en el que acaba de participar) apunta a la valoración del juego respecto a tres características. Ésta resultó predominantemente alta en las tres, a saber, el punto a (8.a: 1-Lento...5-Dinámico) que la mayoría de las respuestas fueron en la categoría 4 (33,3%) y 5 (77,8%). El punto b (8.b: 1-Tedioso...5-Divertido) en los que la mayoría de las respuestas fue 4 y 5, con un 33,3% y 77,8% respectivamente.

El punto c (8.c: 1-Complejo...5-Simple) con mayoría de respuestas 3, 4 y 5 con un 33,3%, 11,1% y 66,7% respectivamente. La franja etaria a la que pertenecen los participantes encuestados se encuentra entre 20 y 34 años de acuerdo a los datos relevados.

### Evaluación del contenido

En relación a la evaluación del aprendizaje del contenido temático, se analizó la planilla de decisiones completada de manera individual por los participantes. En la figura 10 de la sección 5, se visualiza el gráfico del nivel de respuesta de las diez (10) tarjetas de situación. Se puede observar que los estudiantes tuvieron un porcentaje de acierto (clasificación correcta de las preguntas) en promedio del 72%, con un desempeño en general homogéneo, a excepción de un participante con el 30%. Este resultado particular, así como la comparación de la efectividad del juego 2017, en relación al que incorpora TIC a la dinámica (2018), serán objeto de estudio de un trabajo posterior.

## 5. ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS



Close Next

Question (required) Media

CFI = 7

Time limit: 120 sec Award points: YES

Los costos de fallas externas consisten en el precio de no cumplir con los requisitos y las necesidades de los clientes

Remove

Answer 1 (required): Verdadero Answer 2 (required): Falso

Answer 3:  Answer 4:

Credit resources:

Figura 2: Creación de consigna.

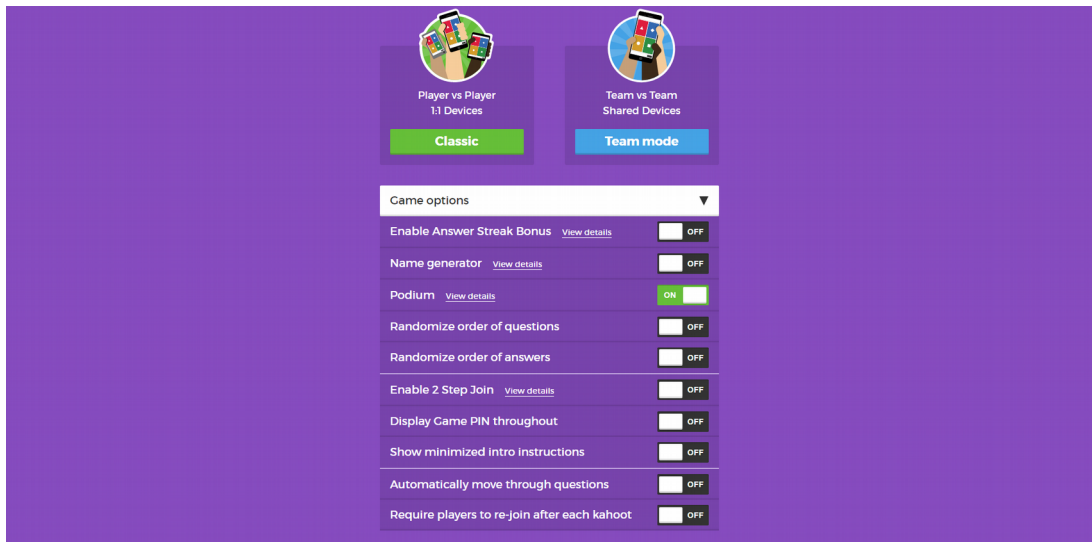


Figura 3: Configuración del juego



Figura 4: Consignas a proyectar. (Izquierda: Verdadero/Falso, Derecha: Opción Múltiple)

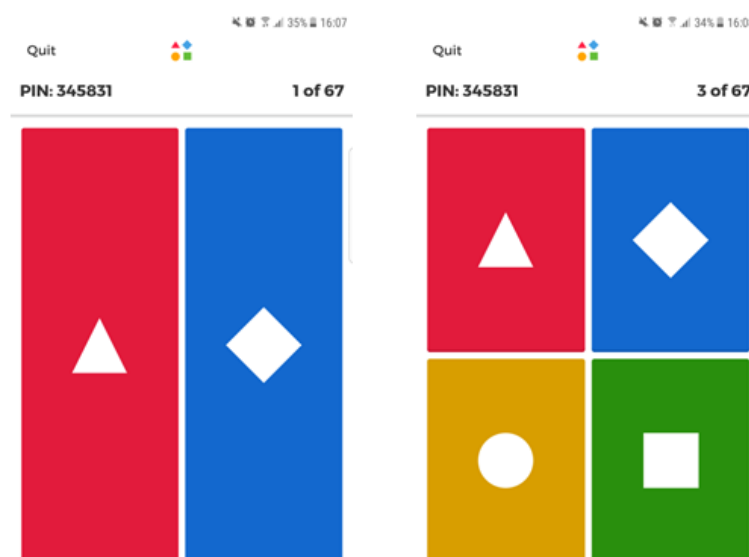


Figura 5: Vista de celular mientras se realiza la pregunta. (Izquierda: Verdadero/Falso, Derecha: Opción Múltiple)

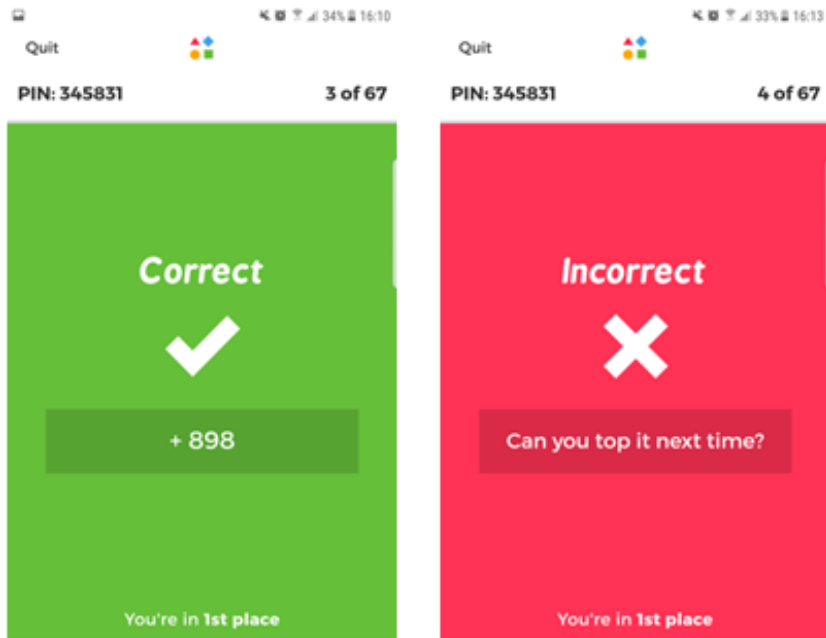


Figura 6: Vista de celular luego de contestar la pregunta en forma correcta o incorrecta



Figura 7: Fotos muestra de la prueba piloto

1. El total de producto envasado mensualmente es de 10.000u. La pérdidas de producción son del 10% sobre el total producido a 7\$/u.  
Costo total: \$7000

COSTOS DE CALIDAD		
Planilla de Decisiones		
Costo	Observación	Monto
Fallas internas		
Fallas externas		
De evaluación		
De prevención		

Figura 8: Material para la evaluación: ejemplo de una tarjeta de situación y la planilla de decisiones



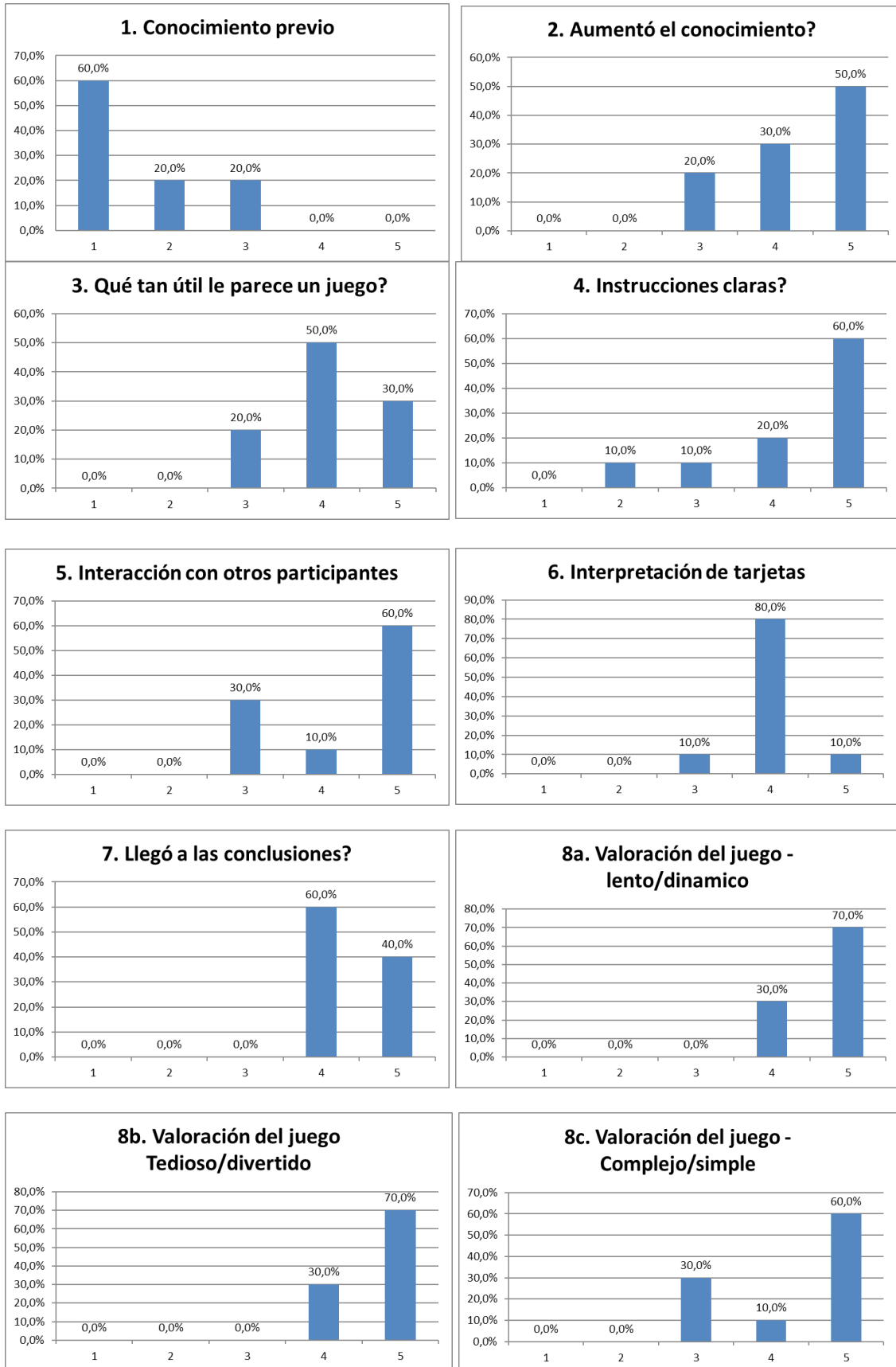


Figura 9: Resultados de la encuesta



Figura 10: Nivel de respuesta

## 6. CONCLUSIONES

La inclusión de TIC en la metodología lúdica ha proporcionado oportunidades para la participación activa y simultánea de los estudiantes, logrando que profesor adquiera un rol de colaborador y moderador en el proceso de la enseñanza. La acción de los moderadores en la dinámica, permitió el orden de las actividades manteniendo un ritmo enérgico, debido a la definición de roles e instrucciones de manera previa y por escrito. El análisis previo realizado por el equipo de docentes y alumnos, así como la aplicación de la versión anterior del juego (2017), coadyuvó a detectar aquellos cambios necesarios para realizar en una versión más tecnológica y que permita sistematizar la información en línea, obteniendo mejores resultados. Ello se vio reflejado en las encuestas, alcanzando una categoría superior en algunos ítems evaluados (por ejemplo, la valoración del juego en cuanto a su dinamismo y simplicidad respecto al año anterior).

La percepción del juego revelada por las encuestas, aduce buena recepción e interés en el aprendizaje a través de lúdicas por parte de los alumnos, quienes respondieron preguntas, consultaron ante aspectos no comprendidos, se comprometieron en el ritmo del juego y realizaron la evaluación final, con buenos resultados.

Las acciones anteriores en esta primera corrida pueden mejorarse, trabajando de acuerdo a los resultados de la encuesta y las observaciones de los moderadores, para enfocarse en mejores performances individuales por alumno para la evaluación final. También pueden mejorarse a partir de esta corrida, los aspectos organizativos, por ejemplo, definir la duración del juego y el ajuste a tiempos estandarizados, para permitir la llegada a la meta de alguno de los equipos participantes.

Esta actividad puede aplicarse a múltiples escenarios, siempre dependiendo de la adaptación que el o los profesores de la asignatura en conjunto con el equipo de investigación, pueda realizar de la temática a enseñar. Asimismo, puede utilizarse para enseñar un tema, o realizar un repaso de un tema dado, con grupos pequeños o numerosos, con material de lectura previo o clase expositiva del tema, siempre realizando los ajustes correspondientes a las instrucciones definidas.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Sánchez Gómez M. (2007) Buenas Prácticas en la Creación de *Serious Games* (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
- [2] Domínguez A., Saenz-de-Navarrete J., de-Marcos L., Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J. J. *Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes Computers & Education* 63 (2013) 380–392
- [3] Kapp Karl M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. John Wiley & Sons
- [4] Giessen H. W. *Serious games effects: an overview Procedia - Social and Behavioral Sciences* 174 (2015) 2240 – 2244
- [5] Connolly T., Boyle E. A., MacArthur E., Hainey T., Boyle J. M. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games *Computers & Education* 59 (2012) 661–686
- [6] Moloneya J., Globaa A., Wanga R., Roetzela A. *Serious games for integral sustainable design: Level 1 Procedia Engineering* 180 (2017) 1744 – 1753
- [7] Hetze V., Valentini J., Cabo N., Cínalli M., Bárbaro L., *Una experiencia lúdica y sus resultados (2017) X Congreso de Ingeniería Industrial, Universidad de Buenos Aires (UBA), CABA, Buenos Aires ISBN-13: 978-84-17211-91-2.*
- [8] Kahoot AS (2018) *Kahoot!* (versión 3.2.0) [Aplicación Móvil]. Descargado de: <https://play.google.com/store/apps/details?id=no.mobitroll.kahoot.android>

- [9] Kahoot AS (2018) What's new at kahoot? *Kahoot!* Recuperado de <https://kahoot.com/welcomeback/>
- [10] Gryna, Frank M., Chua, Richard C.H., Defeo, Joseph A.. (2007) *Método Juran análisis y planeación de la calidad*. 5ta. Edición. McGraw-Hill Interamericana, México D.F. México

# ESTIMULO A LA CREATIVIDAD, LA INNOVACIÓN Y EL EMPRENDEDORISMO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Juarez, Marcelo\*; Palomo, Máximo; De María, Eduardo

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de la Matanza.  
Florencio Varela 1903, B1754EJC, San Justo, Buenos Aires, Argentina.  
mjuarez@unlam.edu.ar*

## RESUMEN

Los cambios sociales y los avances científicos - tecnológicos actuales, difundidos por la globalización influyen en la educación y en los sistemas de enseñanza de las universidades. Ante ello, emerge la necesidad de desarrollar habilidades básicas para que los estudiantes se encuentren preparados para los desafíos planteados por la sociedad del siglo XXI en un entorno de constante cambio.

En tanto, la innovación y la creatividad tienen su base en el pensamiento humano, ¿se puede mejorar la creatividad?, ¿cómo se estimula la capacidad de innovar?

Consideramos que es importante incentivar y motivar a los estudiantes en la generación y despliegue de sus propias ideas desde el inicio de la carrera, acompañando sus trayectorias universitarias y fomentando, de esta forma, su espíritu emprendedor.

En este trabajo, se indagan cuáles son las capacidades que la universidad puede fortalecer en los estudiantes de ingeniería industrial, para el desarrollo de las competencias profesionales en la práctica de la innovación y el emprendedorismo, atento a los requerimientos de la sociedad.

**Palabras Claves:** creatividad, innovación, competencias ingenieriles, espíritu emprendedor.

## ABSTRACT

The social changes and the current scientific - technological advances spread by globalization influence in the education and in the education systems of the universities. Given this, the need to develop basic skills for students to be prepared for the challenges posed by 21st century society in an environment of constant change emerges.

In as much, the innovation and the creativity have their base in the human thought, can be improved the creativity? how is stimulated the capacity to innovate?

We believe it is important to encourage and motivate students in the generation and deployment of their own ideas from the beginning of the career, accompanying their university careers and thus promoting their entrepreneurial spirit.

In this work, they are investigated which are the capacities that the university can strengthen in the students of industrial engineering, for the development of the professional competitions in the practice of the innovation and the enterprising, attentive to the requirements of the society.

## 1. INTRODUCCIÓN

Etimológicamente la palabra ingeniería deviene del latín “Ingenium”, que significa capacidad para discurrir e inventar, concepto que se mantiene en nuestros días, aportando soluciones admisibles desde el punto de vista económico, social y tecnológico en pos del desarrollo de las naciones.

La ingeniería, actividad predominantemente práctica, se extiende a todos los ámbitos de la actividad humana, desarrollando, innovando y perfeccionando los campos fundamentales del progreso tecnológico de la sociedad. En esta época donde se atraviesa la tercera revolución industrial, producto del manejo de la información [1], la cual produce efectos que dificultan manejarla en toda su magnitud dado su volumen, como así también de la transformación de los procesos productivos [2]. Allí se ve necesario el replanteo de la formación de ingenieros, las competencias requeridas y como brindarlas desde la universidad, para estar a la altura de esta nueva revolución presente entre nosotros.

Pero también es cierto, en palabras de Baron [3], que necesitamos contar con personas capaces de encontrar soluciones novedosas a problemas nuevos o viejos, como así también soluciones mejores tanto en sentido técnico como también económico. Dehter [4] por su parte opina que, “los ingenieros ‘clásicos’ no consideran aptitudes profesionales relevantes a la habilidad para entablar y desarrollar relaciones sociales interpersonales y el pensamiento visionario”. Se debe dejar de lado que la formación técnica integral resulte suficiente para garantizar el empleo de los nuevos profesionales. Los cambios contextuales exigen el desarrollo de capacidades, habilidades y actitudes, “con el objetivo de contribuir a mejorar el desempeño profesional de los ingenieros teniendo en cuenta las necesidades actuales y potenciales del país, de la sociedad y del mercado laboral.” [5]

Por otra parte, a nivel nacional, tanto el Plan Estratégico de Formación de ingeniero 2012 - 2016 [6] como las últimas competencias propuestas por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [7-8] proponen planes para contribuir a desarrollar ingenieros que atiendan a estas nuevas demandas. “Esto lleva a la necesidad de proponer un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística.” [9]

Asimismo se debe tener en cuenta que el concepto de competencia tiene una considerable ambigüedad, no solo en estos tiempos sino desde sus orígenes. La bibliografía actual a veces es abrumadora en lo que respecta a las competencias y capacidades...pero ¿de qué se habla, cuando se habla de competencias?, ¿y de capacidades?

La noción de competencia laboral implica, el potencial de cada individuo para combinar y movilizar un conjunto de recursos pertinentes (conocimientos, habilidades, cualidades, emociones, cultura, redes de recursos) para realizar en un contexto particular actividades laborales con la finalidad de producir determinados resultados (servicios, productos) respondiendo a ciertos criterios de calidad y satisfacción para un cliente o destinatario. Se puede definir entonces como: i) un conjunto de saberes que se ponen en juego para resolver situaciones concretas de trabajo, ii) las capacidades que posee un individuo para ejercer concretamente una actividad profesional poniendo en práctica sus conocimientos, su saber hacer y sus cualidades personales, y iii) la capacidad para desempeñar roles en puestos de trabajo concretos, con el nivel que se exige en el empleo.

Si nos centramos exclusivamente en el ámbito de las “competencias”, en la enseñanza se debe tener presente que también aquí no se tiene en claro bien su origen, dado que su concepto se aferra al profesionalismo, de la mano de la psicología conductivista y modelos económicos en especial el del capital humano de las grandes potencias mundiales, que venían trabajando con competencias desde los años 50, con el eslogan “saber hacer”.

Por otro lado, el concepto de competencia ingresa en las agendas públicas de educación y trabajo de América Latina en el marco de las reformas de los 90’ adoptándose, según el caso, diversas denominaciones. Para los sistemas formativos, esto implicó una múltiple transformación. Cada administración educativa y de trabajo ha definido el concepto con sus particularidades, pero es en el año 2005 cuando en el seno de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se acuerda una nueva recomendación, la R195, en la cual se define que el término competencia “abarca los conocimientos, aptitudes profesionales y el saber hacer que se dominan y aplican en contextos específicos.” [10]

Si bien no hay novedades grandes, haciendo una revisión de la historia, encontramos propuestas tales como que, una formación con competencias permitirá movilizar un conjunto de recursos cognoscitivos (conocimientos, capacidades, información, etc.) para enfrentar con pertinencia y eficacia una familia de situaciones a los cuales se somete al estudiante. Mostrándole situaciones del mercado, permitiendo así contribuir en su realización profesional promoviendo la empleabilidad y el emprendedorismo; donde este último término es uno de los más aceptados en estos tiempos, no obstante no muy incluido dentro de los planes de estudio.

El modelo de competencias propuesto por el CONFEDI, toma como base los aportes realizados por Perrenoud [11] y Le Boterf [12]. Con la definición de que competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales. En este modelo, el CONFEDI [7-9] distingue las competencias genéricas ingenieriles en dos categorías, cada una con las subcategorías indicadas, donde se trabaja las competencias tanto emprendedoras como de innovación:

#### 1. Competencias tecnológicas

- 1.1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- 1.2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- 1.3. Competencia para gestionar planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- 1.4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- 1.5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

#### 2. Competencias sociales, políticas y actitudinales

- 2.1. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- 2.2. Competencia para comunicarse con efectividad.
- 2.3. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- 2.4. Competencia para aprender en forma continua y autónoma.
- 2.5. Competencia para actuar con espíritu emprendedor

Las indagaciones sobre cómo fomentar el emprendedorismo en las carreras universitarias es materia de atención en distintos ámbitos educativos internacionales. Por ejemplo, el Foro Mundial de Educación y Capacidades [13], realizado en Dubái, giró en torno a las competencias que debiera adquirir un graduado, poniendo de manifiesto la urgencia por desarrollar nuevas prácticas y capacidades en la educación superior.

Dado este marco teórico ubicado dentro de esta sección se pasa a la siguiente con el objetivo de transmitir el relevamiento de la información en la carrera de Ingeniería Industrial perteneciente al Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). En este caso, desde el punto de vista de los estudiantes de todos los años de la carrera, para conocer sus opiniones, con el fin de contribuir al sistema educativo ingenieril de nuestra universidad y las demás ubicadas dentro de nuestro país, información que a mediano y largo plazo tienden a producir un alineamiento con las propuestas emanadas desde organismo, tales como el CONFEDI, para evaluar las competencias deseables para los egresos de los futuros ingenieros.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo, realizamos un análisis del tipo cualitativo valiéndonos del desarrollo de una encuesta, que nos permita obtener una mirada de la realidad del contexto de nuestros estudiantes. En ella estamos buscando indagar en la descripción respecto a sus realidades y a su visión, en lo concerniente al desarrollo de estímulos que potencien la creatividad, la innovación y la puesta en marcha de futuros emprendimientos. Encuesta que se fundamenta en el cuestionario o conjunto de preguntas que se prepararon con el propósito de obtener información de los estudiantes [14]. A partir de la discusión de esos tópicos se elaboró un cuestionario que incluyó diecinueve aspectos de opinión, relacionados con las siguientes líneas temáticas:

- Perfil del estudiante.

- Visión presente y futura.
- Competencias tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales.
- Creatividad, Innovación y Emprendedorismo.

El diseño del cuestionario incluyó preguntas dicotómicas, abiertas y de selección múltiple, de respuesta voluntaria no anónima, buscando que, a partir de las respuestas, surgieran los elementos más significativos y más jerarquizados por los estudiantes, a lo largo del desarrollo de su propia trayectoria universitaria.

El sondeo de opinión fue llevado a cabo vía web: (<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScXsUIVbS1BEampbc8CemH57sJk1W2m-y92vqD4clSbQmtLw/viewform>), en cursos avanzados de ingeniería industrial, entre los días 18 de junio de 2018 hasta el 7 de septiembre de 2018 obteniéndose 150 respuestas de los estudiantes.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y el debate a que dan lugar las opiniones relevadas.

#### 3.1. Perfil de los estudiantes encuestados

De los estudiantes encuestados del DIIT, el 21% son mujeres y el 79% son hombres con un promedio de edad que llega a los 25,29 años. Con un grado de avance en la carrera de ingeniería industrial que asciende al 44%.

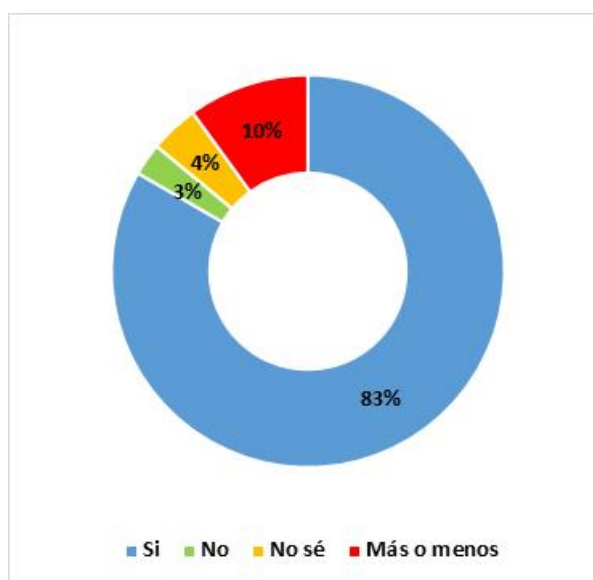


Figura 1 Satisfacción de los estudiantes por la carrera elegida.

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Es de destacar que el 83% de los estudiantes se encuentran satisfechos con la carrera elegida, tal cual lo expresado en la Figura 1.

#### 3.2. Empleabilidad

El 79% de los estudiantes encuestados manifiesta compartir los estudios universitarios con la actividad laboral, el resto sólo se dedica a estudiar. Un 44% indica que se encuentra conforme con el trabajo que realiza, el 34% no se encuentra tan conforme, y el resto considera que preferiría trabajar en empresas y/o áreas que resulten más acordes a lo que están estudiando en la actualidad.

Tabla 1 *Empleabilidad de los estudiantes encuestados.*

Rubro	Estudiantes	%
Industria	61	41%
Comercio	20	13%
Servicios	25	17%
Educación	9	5%
Gobierno/Estado	4	3%
No trabajás	31	21%

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 1 es de destacar que el 41% de los estudiantes trabaja en industrias, el 17% lo hace en servicios, el 13% en comercio, y un porcentaje menor se ubica en educación y en áreas del estado.

### 3.3. Visión presente y futura

Interpelados sobre qué recursos les brinda la universidad para realizar lo que les gustaría hacer como ingenieros, la mayoría reconoce en primer término el pensamiento crítico (75,3%) y recursos cognitivos (52,0%). En contraposición, los recursos técnicos (0,7%) son los de menor relevancia.

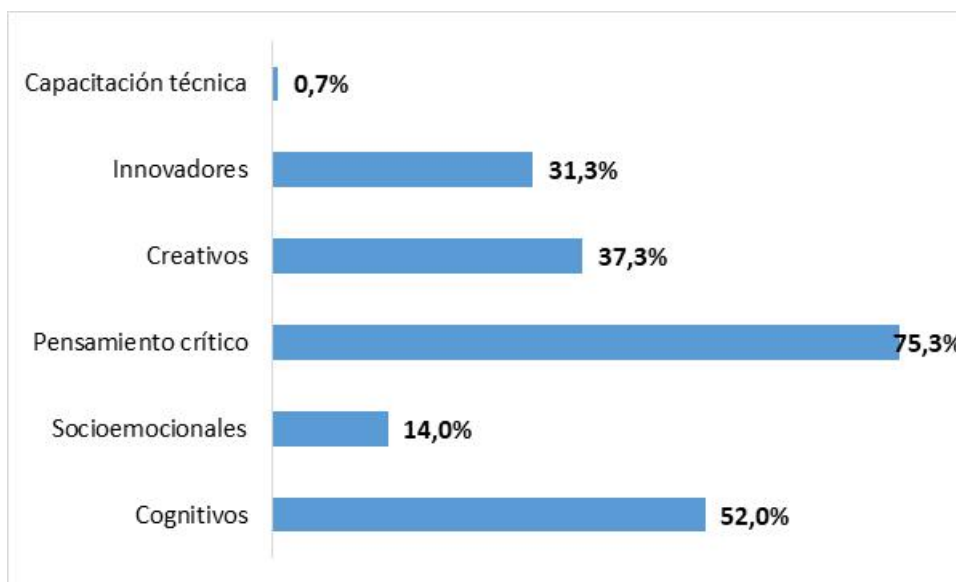


Figura 2 *Recursos brindados por la Universidad (en %).*

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Se solicitó a los estudiantes que enumeraran sus principales dones o talentos que reconocían de sí mismos. La respuesta mayoritaria fue la perseverancia (incluyendo la paciencia, constancia y tenacidad), seguida por la creatividad. Estos dones o talentos remiten a la habilidad o aptitud del individuo para hacer algo, en este caso, perseverar y crear; justamente dos atributos imprescindibles para cualquier tipo de emprendimiento.

También se incorporan en menor medida algunos atributos dignos de destacar como la responsabilidad, la organización, el grado de detalle, la proactividad y la disposición de adaptarse a los cambios, así como también de trabajar en forma cooperativa con sus compañeros.

Consultados respecto del uso o aplicación efectiva de sus dones, sólo el 31% de los estudiantes respondió que siempre utiliza sus talentos, mientras que los demás lo hacen algunas veces o nunca.



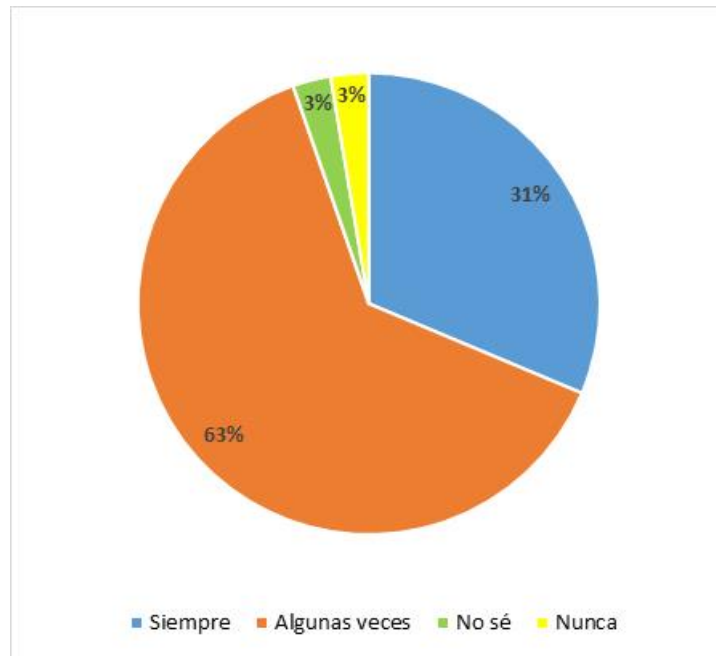


Figura 3 *Uso de talentos (en %).*

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Esto revela un desaprovechamiento social de las aptitudes disponibles y nos alerta respecto de qué tipo de dones podrían estar perdiéndose por falta de aplicación: la perseverancia y la creatividad, cualidades innatas al proceso emprendedor.

También se indagó sobre cuáles son los sueños o proyecciones a futuro, en términos genéricos, y el 71% de los estudiantes se inclinó por una visión productivista, donde se destacan el desarrollo profesional y objetivos netamente laborales. Sólo una persona del conjunto sueña ser feliz y unos pocos, mejorar el mundo y aportar soluciones ambientales y sociales. ¿Por qué los sueños están orientados casi exclusivamente al mundo del trabajo?

### 3.4. Competencias desarrolladas

Sobre el análisis de las competencias tecnológicas adquiridas por los encuestados podemos destacar lo siguiente:

- al menos el 61% reconoce estar satisfecho y muy satisfecho en haber adquirido la competencia de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería;
- el 35% se encuentra satisfecho con la concepción, desarrollo y gestión de proyectos de ingeniería;
- sobre las técnicas y herramientas de ingeniería utilizadas el 47% se encuentra satisfecho y muy satisfecho con el uso efectivo y adecuado de las mismas;
- sólo el 13% refleja estar satisfecho y muy satisfecho en contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Entonces es importante frente a este resultado, destacar que para desarrollar nuevas innovaciones a futuro, debemos fomentar a nuestros estudiantes fuertemente la “creatividad”.

Asimismo si consideramos las competencias sociales, políticas y actitudinales, es destacable que:

- el 81% reconoce actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social.
- el 70% logra comunicarse con efectividad, desempeñándose en un 75% de manera efectiva en equipos de trabajo.
- el 84% de los estudiantes reconocen como principal competencia el aprendizaje autónomo y continuo y el 63% comenta haber adquirido a lo largo de su trayectoria universitaria, el espíritu emprendedor. Así el autoaprendizaje es un vector que promueve el desarrollo de

una conducta proactiva, fundamental para el crecimiento de una cultura emprendedora dentro de la UNLaM.

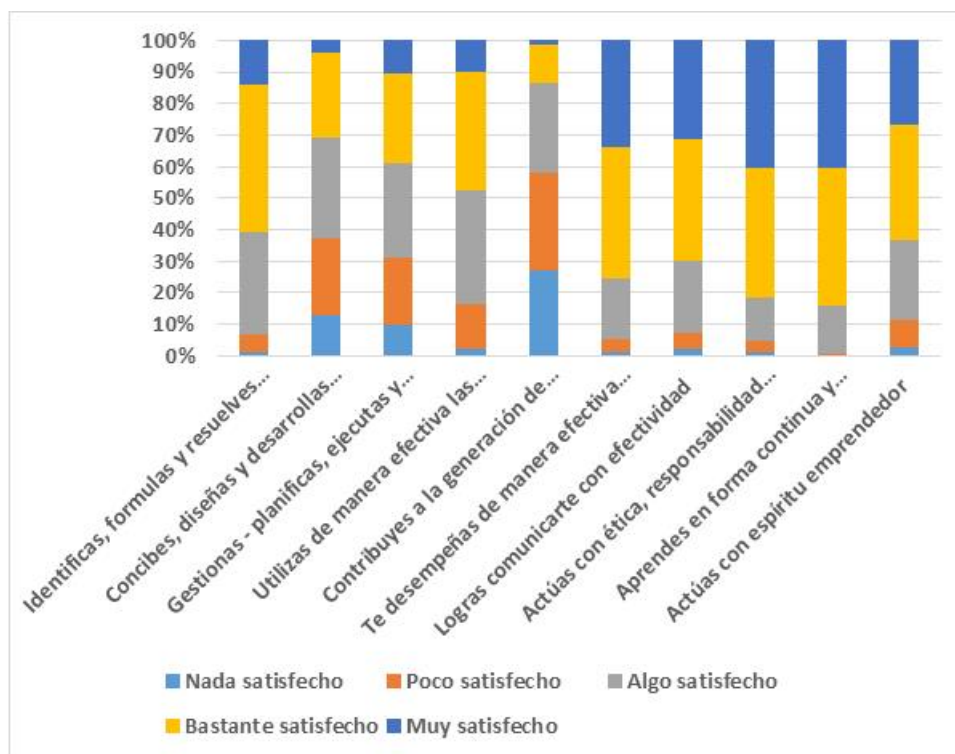


Figura 4 *Competencias desarrolladas por los estudiantes en sus trayectorias universitarias.*  
Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Ante este escenario, ¿qué camino deberíamos transitar?, ¿cuáles son las competencias que aspiran a desarrollar los estudiantes?

Con respecto a las tres principales competencias que a los estudiantes les gustaría desarrollar, por cuanto no se estimulan en las aulas, el 32% no sabe o no responde, el 30% requiere mayor estímulo de la Universidad para generar desarrollos tecnológicos y la innovación, el 24% considera importante trabajar sobre los aspectos que permitan ayudar a los estudiantes a comunicarse de forma efectiva, y el 22% plantea trabajar sobre la competencia que contempla el desarrollo del espíritu emprendedor.

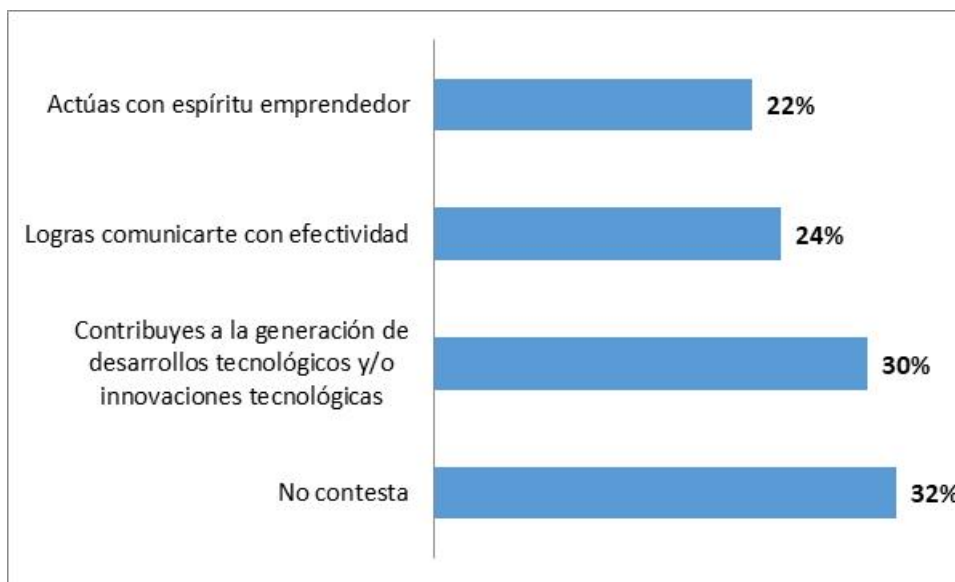


Figura 5 *Competencias a desarrolladas de los estudiantes en sus trayectorias universitarias.*  
Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Es decir que en términos generales, las competencias adquiridas en la Universidad satisfacen a los estudiantes aunque algunas de ellas podrían potenciarse según las sugerencias de los encuestados.

### 3.5. Creatividad, Innovación y Emprendedorismo

Dewett y Gruys [15] opinan sobre “la importancia de la creatividad y la innovación en la industria es cada vez mayor, los cursos o programas de emprendimiento e innovación pueden ayudar a preparar a los futuros profesionales, contribuyendo al aprendizaje de los estudiantes mediante enfoques multidisciplinarios y actividades experienciales.

De los datos relevados en la encuesta, resultó interesante descubrir que los estudiantes encuentran la estimulación necesaria, aprendiendo algo más que aquello que se planifica que aprendan.

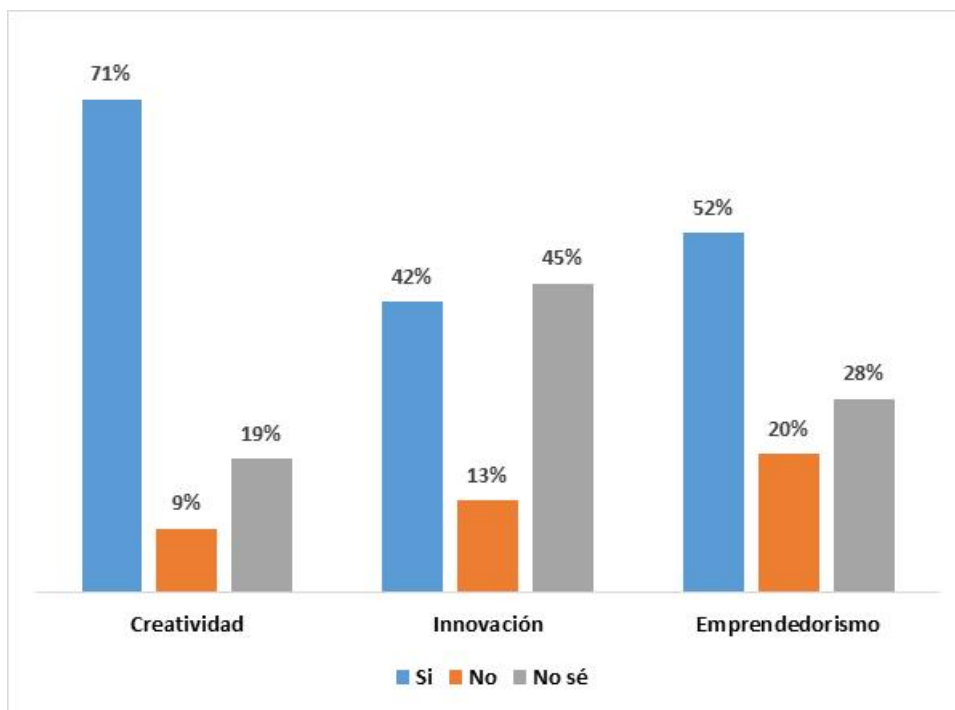


Figura 6 *Estímulo a la creatividad, la innovación y el emprendedorismo (en %).*

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

El 71% de los estudiantes se considera creativo, el 42% innovador, y el 52% de los estudiantes se encuentra capacitado para planificar y desarrollar su propio emprendimiento.

A la hora de emprender, el 75% de los estudiantes son emprendedores o quieren serlo. Los resultados han demostrado que los estudiantes de Ingeniería Industrial tienen al emprendedorismo como una de sus prioridades.

Entre las actividades elegidas a la hora de desarrollar sus propios emprendimientos el 19% elige el área de producción, el 12% el medio ambiente y el 8% tareas de consultoría. Aunque en proporciones inferiores se presentan alternativas acerca de control de calidad, desarrollo de aplicaciones y productos, educación y gestión. El 41% todavía no encuentra la idea propicia para realizar su emprendimiento.

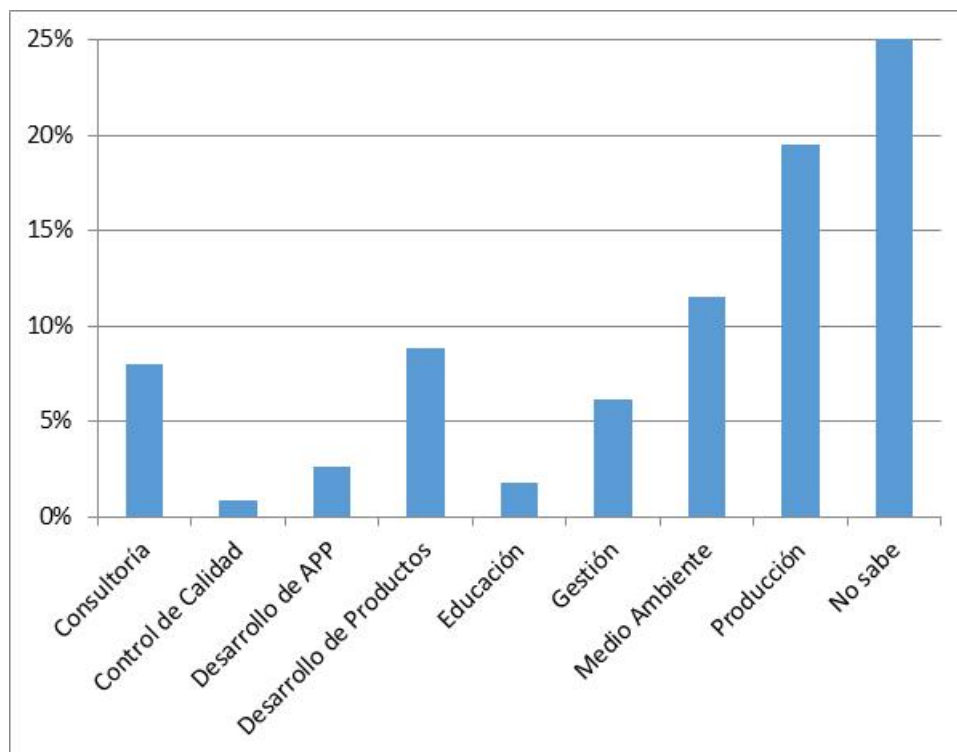


Figura 7 *Actividades elegidas a la hora de desarrollar emprendimientos (en %).*

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados de encuestas realizadas en la UNLaM. 2018

Las motivaciones para emprender abren un campo fértil para propiciar programas de capacitación dentro y fuera del ámbito universitario e implementar prácticas voluntarias de innovación y emprendedorismo. La voluntad de participar en este tipo de iniciativas fue expresada por el 69% y el 73% de los encuestados, participaría en proyectos de tecnología para la inclusión.

#### 4. CONCLUSIONES

Según los resultados de la muestra, el 75% de los estudiantes de ingeniería industrial tienen deseos de incursionar en la actividad empresarial, y cuentan con vocación emprendedora; de los cuales un 35% participa o ha participado en algún momento de su vida en la creación de su propia empresa.

En el conjunto de estudiantes encuestados se encontró que las características actitudinales más relevantes son la perseverancia seguida por la creatividad, las cuales les permiten percibir y desarrollar su espíritu emprendedor.

Ante estos resultados, creemos importante fomentar en los estudiantes la pasión por emprender, utilizando distintas técnicas y herramientas que contribuyan, fomenten y apoyen la creatividad y la ruptura de paradigmas preexistentes, proponiendo para ello soluciones técnicas que coadyuven a diseñar proyectos que atiendan demandas tecnológicas sociales. A través de distintas actividades como charlas, talleres y jornadas que brinden capacitación a lo largo de cada ciclo lectivo tanto a estudiantes como docentes y que les permita desarrollar sus competencias ingenieriles. Destacamos entre ellas las siguientes:

- Herramientas y recursos que potencien la creatividad.
- Motivación, liderazgo y trabajo en equipo.
- Desarrollo y gestión de emprendimientos.
- Análisis de escenarios de productos.
- La comunicación como herramienta estratégica.
- Diseño de modelo de negocios.
- Rally Latinoamericano de Innovación.

El acompañamiento y la retroalimentación por parte de los docentes en las distintas actividades previstas, resultará un proceso vital que permita que los estudiantes se orienten al logro y al desarrollo de sus propias competencias.

Formar profesionales creativos e innovadores implicará también el desarrollo de competencias que propicien la creación, difusión y consolidación de esta cultura en la comunidad educativa. Lo que constituirá el punto de partida para promover aquellas capacidades y competencias útiles que harán de ellos personas emprendedoras, tarea que la venimos realizando a través de la difusión de nuestras actividades.

Resulta de particular interés desarrollar y fortalecer aquellas capacidades para el desarrollo de las competencias profesionales en la práctica de la innovación y el emprendedorismo, atento a los requerimientos de nuestra sociedad. En tal sentido esto nos sugiere a seguir trabajando sobre los aspectos que respondan a la solución de cuestiones inherentes a problemas ingenieriles que se puedan plantear a lo largo de su trayectoria profesional y universitaria tales como:

- desarrollo de estrategias docentes innovadoras que permita a los estudiantes la generación de nuevas ideas;
- ejercitación práctica de emprendedorismo que fomenten la creatividad y la innovación en los estudiantes de ingeniería;
- formación en proyectos de tecnología para la inclusión social, y
- promoción de actividades interdisciplinarias y multidisciplinarias que fomenten el trabajo en equipo y la comunicación efectiva de los participantes.

Puntos que creemos venimos realizando a través de los talleres y seminarios mencionados anteriormente, y que nos sienta la base para analizar nuestros indicadores y si estos vienen acompañando la visión que proponemos en la carrera de Ingeniería Industrial, pero también nos abre la posibilidad de analizar talleres transversales que sienten la base para conocimientos que la futura sociedad demanden.

De esta forma, será la Universidad quien pueda potenciar el desarrollo de los talentos de nuestros estudiantes, con actividades tradicionales y no tradicionales, que estimulen la creatividad, la innovación y el emprendedorismo, para que el sueño profesional incluya una mejor vida para todos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Toffler, Alvin. (1982). *La tercera ola*. Madrid. 1° Edición. Plaza & Janes Editores. Madrid. pp.1-625.
- [2] Ibarra Almada, Agustín. (2000). "Formación de los recursos humanos y competencia laboral". *Boletín Cinterfor. Número 149, pp.95-107*. Montevideo.  
Disponible en: [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file\\_articulo/ibarra1.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_articulo/ibarra1.pdf)  
Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [3] Baron, Jorge. (2008). "Ingenieros ingeniosos" *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI 2008). Partnering to Success: Engineering, Education, Research and Development*. Tegucigalpa, Honduras.
- [4] DETHER, M. (2013). Ser emprendedor facilita ser mejor ingeniero. *CEO Blog. Pasión por emprender, innovar y liderar*.  
Disponible en: [http://mariodehter.com/aprender/ser-emprendedor-facilita-ser-mejor-ingeniero\\_6887/](http://mariodehter.com/aprender/ser-emprendedor-facilita-ser-mejor-ingeniero_6887/)  
Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [5] Braidot, Nestor; Cesar, Rubén; González, Victoria. (2012). *Competencias emprendedoras en la formación de ingenieros, un desafío necesario*.  
Disponible en: [www.academia.edu/9181089/Competencias\\_Emprendedoras\\_en\\_la\\_Formaci%C3%B3n\\_de\\_Ingenieros](http://www.academia.edu/9181089/Competencias_Emprendedoras_en_la_Formaci%C3%B3n_de_Ingenieros) Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [6] Ministerio de Educación. Presidencia de la Nación. Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) 2012/2016.  
Disponible en: <http://pefi.siu.edu.ar> Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [7] Documentos del ConFeDi: Competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios en Argentina. (2014). 1ra. ed. Mar del Plata. Universidad Fasta Ediciones.

- Disponible: [http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/409/Comp\\_Confedi\\_978-987-1312-62-7\\_red.pdf?sequence=1](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/409/Comp_Confedi_978-987-1312-62-7_red.pdf?sequence=1) Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [8] ConFeDI. (2006). Primer acuerdo sobre competencias genéricas. *3er. Taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina, Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química*. Villa Carlos Paz, Córdoba.  
Disponible en: [http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/academica/carreras/apoyo/Competencias\\_CONFEDI.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/info/secretarias/academica/carreras/apoyo/Competencias_CONFEDI.pdf) Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [9] ConFeDI. (2018). *Libro Rojo de CONFEDI*. Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina. Rosario. pp 1-31  
Disponible en: <https://confedi.org.ar/librorojo/>  
Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [10] Organización Internacional del Trabajo. (2004). R195 – Recomendación sobre el desarrollo de los recursos humanos. *92° Reunión*. CIT. Ginebra.  
[https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file\\_evento/recomendacion.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_evento/recomendacion.pdf) Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [11] Perrenoud, Philippe. (2007). *Diez nuevas competencias para enseñar, Invitación al viaje*. Graó, Colofón, México. pp.1-168.
- [12] Le Boterf, Guy. (2001). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona. 1° Edición. Gestión 2000. España. pp.1-461.
- [13] Global Education & Skills Forum. GESF, 2016.  
Disponible: <https://www.educationandskillsforum.org> Consultado el: 5 de septiembre de 2018.
- [14] D’Ancona, M. (2001), Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social, Madrid. Síntesis Sociológica. España. pp 1-393.
- [15] Dewett, T., Gruys, M. L. (2007). Advancing the case for creativity through graduate business education. *Thinking Skills and Creativity*, 2(2), 85-95.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2007.04.001> Consultado el: 5 de septiembre de 2018.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al DIIT en su conjunto, y a los estudiantes de las del mismo por ser parte de este trabajo y apoyarlo para verlo materializado en este documento.

# Fortalecimiento de competencias de innovación en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento

Benegas, Miguel Diógenes

*Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento.  
Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines Pcia. de Bs. As. Argentina.  
[mbenegas@campus.ungs.edu.ar](mailto:mbenegas@campus.ungs.edu.ar)*

## Resumen

La formación de ingenieros para una sociedad en transformación hacia la reindustrialización y el desarrollo tecnológico, como la actual que vive Argentina, requiere nuevos diseños curriculares, métodos pedagógicos y habilidades a adquirir por los estudiantes. Es preciso incorporar nuevos ejes temáticos: ingeniería y conocimiento, innovación, desarrollo local y desarrollo tecnológico. Frente al carácter fragmentario, inconexo y asistémico como se desarrollan estos temas, este trabajo presenta el Proyecto "Exi<sup>2</sup> - Espacio Ingeniería e Innovación" que propone como metodología articular e integrar contenidos desarrollados en diversas asignaturas, el dictado de nuevos seminarios y la producción de materiales para los distintos niveles del Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento (UNGS), con el objeto de contribuir a generar en los futuros ingenieros una nueva cultura innovadora. El presente es un análisis parcial de una propuesta en construcción, una experiencia en pleno desarrollo y que recién está comenzando.

**Palabras Clave:** Ingeniería, Innovación, Tecnología, Desarrollo Tecnológico, Empresarialidad.

## Abstract

In a society like the one in Argentina, which is constantly changing towards re industrialization and technological development, engineering education requires the development of new curricula, new teaching methods and skills for the students to gain. It's extremely important to incorporate new topics such as Engineering and knowledge, innovation and business, and promoting local and technological development. These topics are usually presented as fragmented, disjointed and nonsystemic. This paper introduces an Academic Project named "Exi<sup>2</sup> - Engineer and Innovation Workplace" which intends to integrate and articulate the content of different subjects, the dictation of new seminars and the worksheets produced for the curricula of the Industrial Engineering career of the Universidad Nacional de Gral. Sarmiento (UNGS), in order to help future graduates gain a new culture of innovation. This paper intends to show a partial analysis, an experience that is just beginning.

## 1. Introducción

El conocimiento científico y tecnológico es hoy una de las principales riquezas de las sociedades contemporáneas y se ha convertido en un elemento indispensable para impulsar el desarrollo económico y social. La prosperidad de los países ha quedado así asociada con el valor que agrega el conocimiento a los productos con los que se posiciona en el mercado y a los servicios que brinda a sus ciudadanos. Por esta razón, en las últimas décadas, nuestras universidades se han visto confrontadas con la necesidad de redefinir su lugar en el contexto del cambio tecnológico acelerado.

La formación de ingenieros para una sociedad en transformación hacia la reindustrialización y el desarrollo tecnológico, como la actual que vive Argentina, requiere nuevos diseños curriculares, métodos pedagógicos y habilidades a adquirir por los estudiantes. Al mismo tiempo, el auge de los procesos de innovación ha dado a las universidades un papel destacado como productoras de conocimiento valioso para la economía y la vida social. Para dar respuesta a ello han desarrollado nuevas formas estructuradas y no estructuradas de vinculación con el entorno.

Siendo la tecnología un conjunto organizado de conocimientos que se crean a través del método científico, con la finalidad de la producción de bienes y servicios, los tecnólogos que participan de esos procesos deben desplegar una suma de saberes, habilidades y conductas específicas. ¿Cómo sucede en las Universidades, las empresas, los organismos científico - tecnológicos los procesos para formar tecnólogos, es decir profesionales con dominio del método científico? Podemos responder en términos generales que esos procesos son ausentes o pobres. Salvo contados casos, en la Universidad Argentina en general aún se forma para el uso de la tecnología y no para su creación.

En las empresas, el panorama es similar con el agravante que los pocos desarrollos tecnológicos que se realizan no están sujetos al método científico, sino más cerca del ensayo de prueba y error. Herramientas como la simulación, el prototipado, las plantas pilotos, ingeniería a la inversa, el diseño industrial, etc. tienen una difusión baja en proporción a las demandas del actual contexto industrial. Este panorama no debe ser mirado sin perspectiva histórica, ni sin perspectiva regional; tampoco desde una mirada simplificada, porque, en realidad la Ciencia, la Tecnología y el Desarrollo se articulan y entrelazan. Es decir, el Desarrollo no es azaroso, es fruto de largos procesos decisivos que incluyen, sin duda, la formación de tecnólogos.

Es fundamental entonces disponer de un número más amplio de profesionales altamente capacitados; científicos y tecnólogos en condiciones de crear nuevo conocimiento a través de la investigación y desarrollo (I+D) y de obtenerlo también de fuentes externas. En ambos casos, se trata de apropiarlo, adaptarlo y transferirlo a los actores de las tramas productivas y sociales. Es importante señalar que una cultura científica y tecnológica ampliamente extendida en la población es también una condición necesaria para dar impulso a la vinculación entre quienes producen, identifican, adaptan y aplican los conocimientos. Una sociedad innovadora es aquella en la cual la búsqueda de nuevas soluciones más eficientes comienza en la base misma de la organización social.

Norbert Wiener (1894-1964), un matemático del Massachusetts Institute of Technology (MIT) muy involucrado en el desarrollo de innovaciones tecnológicas, definió en los años 50 las cuatro condiciones necesarias para la innovación [1]:

- *Generación de un concepto nuevo*: es una tarea individual que está condicionada por el clima intelectual de la época. Este primer paso es independiente de la futura aplicación tecnológica de dicha novedad.
- *Grado de desarrollo tecnológico de la época que haga factible el desarrollo del nuevo concepto*: (a) Leonardo da Vinci tenía que materializar sus desarrollos tecnológicos usando madera o cuero, los materiales que la tecnología de la época ponía a su disposición; la baja dureza y la baja resistencia al desgaste de estos materiales hizo que muchos de los desarrollos de Leonardo fracasaran en su implementación concreta. (b) James Watt, que ingenierizó en el siglo XVIII la primera máquina a vapor, era no casualmente relojero y fabricante de instrumentos científicos; dado que en esa época los últimos adelantos tecnológicos en mecánica de precisión estaban en dominio de los relojeros.
- *Integración social de científicos y productores*: Wiener propone el ejemplo de Edison que además de sus aportes específicos a la innovación tecnológica fundó el primer centro de investigación industrial de la historia. Los laboratorios de Edison fueron el primer grupo de científicos y tecnólogos reunidos específicamente para cumplir un fin de interés productivo y de esa forma dieron origen al complejo científico - tecnológico de los Estados Unidos, que ha revolucionado la visión histórica de la ciencia y la tecnología.
- *Estímulo a la innovación*: es fundamental que una sociedad que quiere gozar los frutos de la innovación tecnológica disponga estímulos, económicos y no económicos, a aquellos que estén dispuestos a asumir el riesgoso camino de la innovación.



Una decisión estratégica remite entonces a la necesidad de fortalecer la capacidad científica y tecnológica. Disponer de las capacidades necesarias para crear conocimiento y gestionar su incorporación a las actividades productivas es algo que no se logra de modo azaroso ni en un plazo corto; se requieren decisiones estratégicas, de largo plazo. Tampoco se resume todo en fortalecer la investigación y desarrollo (I+D). Para impulsar la sociedad y la economía del conocimiento es preciso contar con instituciones educativas capaces de formar profesionales de muy alto nivel, sistemas de información científica y tecnológica, mecanismos de vinculación entre los centros de I+D y el sector productivo, incentivos eficaces y empresarios innovadores, además de un clima cultural que favorezca la libre circulación de ideas, la originalidad, la racionalidad y la independencia de criterios.

## 2. Planteo del Problema

Los tecnólogos, puestos a desarrollar tecnologías ponen en juego un conjunto de saberes, habilidades y conductas que, independientemente donde vayan a desempeñarse, deben estar incluidos en su formación de grado. Como bien señala Dvorkin [2], es fundamental comprender que en un desarrollo tecnológico, el tecnólogo no solo debe desarrollar un producto o proceso en abstracto sino que debe ocuparse de una diversidad de temas conexos. Por ejemplo, durante el desarrollo de un nuevo proceso o la optimización de un proceso existente, cuando debe analizar situaciones sobre la materia prima la energía, la maquinaria para el proceso, los instrumentos de medición, etc. O, durante el desarrollo de un nuevo producto, al ocuparse de su fabricación, de la calidad sobre la materia prima utilizada, de la estabilidad de las propiedades del producto, etc.

La formación de tecnólogos, es entonces un aspecto clave que debe contemplar un plan realista de desarrollo tecnológico autónomo. El proceso de reindustrialización argentino, en especial por problemas de infraestructura industrial, arrastra déficit comercial de origen industrial. Las razones se encuentran por un bajo nivel de desarrollo autónomo. Frente a ello, la escasez de ingenieros es un tema crítico, y lo será en mayor medida frente a requerimientos crecientes que plantee un desarrollo centrado en nuestros propios recursos.

La tradicional cadena lineal [*ciencia – ciencia aplicada – tecnología*] planteada por Vannevar Bush [3] no nos alcanza para explicar y entender las múltiples relaciones actuales entre la Ciencia y la Tecnología.

El problema que se plantea en este trabajo, surge a partir de un esquema presentado por Donald E. Stokes [4] para representar los motores de las diferentes actividades científico-tecnológicas (Figura 1). En ella se ven las motivaciones científicas (*“Interés por la búsqueda de conocimiento básico”* en el eje vertical) y las motivaciones ingenieriles (*“Interés por la aplicación”* en el eje horizontal):

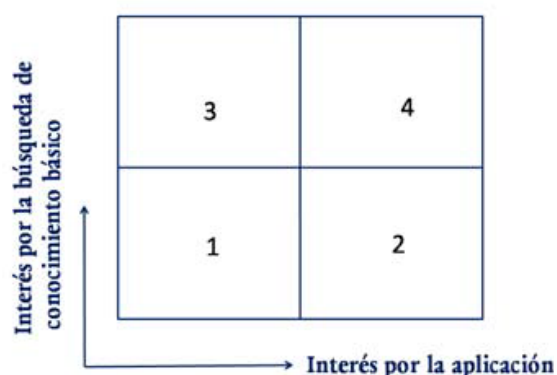


Figura 1. El espacio de interrelación ciencia-tecnología (Donald E. Stokes, 1997)

El cuadrante 1 es en el que se ubican las aplicaciones ingenieriles estándar. El cuadrante 2 es en el que se ubican las aplicaciones ingenieriles avanzadas (llamado cuadrante de Edison). En este cuadrante hay poca actividad en el país y principalmente se localiza en unas pocas empresas innovadoras. El cuadrante 3 es en el que se ubican la Ciencia pura o Ciencia motivada por la curiosidad (llamado cuadrante de Bohr). En este cuadrante en general se localiza la actividad que desarrollan los investigadores argentinos. El cuadrante 4 es en el que se ubica la articulación científico-tecnológica (llamado cuadrante de Pasteur). Este cuadrante en nuestro país se

encuentra prácticamente desierto y es, notablemente, el que está relacionado con el diseño y producción de productos innovativos de alto valor agregado.

Es interesante notar que hoy en Argentina, mientras la mayoría de los científicos localiza su actividad en el cuadrante 3 (Bohr), la mayoría de los ingenieros lo hace en el cuadrante 1. Es interesante lo que señala Dvorkin [2], cuando propone que los ingenieros y científicos necesarios para trabajar en el cuadrante 4 son: *Ingenieros-científicos*: ingenieros con sólida formación en ciencias básicas y en ciencias de la Ingeniería; también licenciados en física, química, materiales, matemática, ciencias de la computación, etc. con fuerte afinidad con el desarrollo de temáticas tecnológicas. Estos son la fuente para reclutar los futuros doctorandos en Ingeniería; y *Científicos-ingenieros*: son doctores en Ingeniería o en Ciencia que se concentran en temáticas de desarrollo tecnológico.

Estas definiciones también remiten a Callon [5], quien señala como “ingeniero – sociólogo” a aquel profesional que se involucra en la creación, diseño y desarrollo tecnológico ampliando la red de actores no sólo con consideraciones de tipo técnico, sino que también opera sobre la sociedad con argumentos de carácter sociológico, económico, político y hasta histórico. De esta manera es imposible separar la dimensión técnico-científica de la socioeconómica, es la mirada de la realidad vista como un tejido sin costura.

Si la formación de los futuros ingenieros apunta a desarrollar los conocimientos necesarios para trabajar en el cuadrante 4; es decir si se planifica la formación de ingenieros-científicos podríamos seguramente estar “sobre-formando” a una gran cantidad de ingenieros en relación con los requerimientos actuales del mercado laboral pero se estaría caminando hacia lo que estratégicamente debiera ser la meta. Paralelamente se iría transitando de una Carrera de Ingeniería que transmite conocimientos tecnológicos a una Carrera de Ingeniería que investiga, desarrolla y transmite conocimientos tecnológicos, con el salto cualitativo que esto implica. La justificación social de este planteo requiere tener en cuenta dos consideraciones fundamentales: primero, la universidad no debiera limitarse a satisfacer requerimientos actuales del mercado laboral sino que debe jugar un rol en el planeamiento estratégico de la Nación; y segundo, la formación universitaria no es simplemente un entrenamiento para desempeñar un oficio sino que implica una formación cultural superior a la que los ciudadanos tienen claro e irrenunciable derecho.

Rojas [6], en su trabajo, acierta afirmando que la relación entre la formación tecnológica en general (oficios, técnicos, ingenieros, etc.) con el mundo del trabajo y la producción debe ser de articulación, intersectorialidad o cooperación. Ese dialogo con el “afuera”, debe ser crítico. La demanda lisa y llana del sector empleador no es suficiente. El comportamiento del “mercado de trabajo” puede ir contra los intereses de los trabajadores y del interés propio de la Nación.

Esta necesidad requiere ser contemplada creativamente. Es preciso integrar y articular nuevos ejes temáticos que hoy no son abordados por los planes de estudio de Ingeniería Industrial en la Universidad de Gral. Sarmiento. Por ejemplo, ingeniería y conocimiento, innovación, desarrollo local y desarrollo tecnológico, entre otros. Especialmente si se tiene en cuenta una demanda que surge tanto del contexto como de los propios estudiantes: la necesidad de promover profesionales innovadores y emprendedores que puedan aprovechar oportunidades transformándose en agentes activos en la generación de empresas y empleos. En palabras de Varela [7], “la idea del nuevo concepto educativo, educación empresarial, es poder brindar al profesional actual y futuro, las capacidades y habilidades necesarias para que sea un factor de desarrollo económico y social, para que esté capacitado como empresario, como ese ente creativo, líder, original, arriesgado, visionario que logra satisfacer sus metas personales por su propia acción”.

### 3. Marco Teórico

Desde la UNGS, se tiene el desafío de formar profesionales que contribuyan al desarrollo de la Argentina. Esto solo podrá hacerse desde competencias ligadas a la innovación y el emprendedorismo. A través de esta propuesta de estructurar un espacio curricular transversal, denominado Espacio de Ingeniería e Innovación (ExI<sup>2</sup>), se pretende reforzar la idea que la formación de los futuros ingenieros apunta a desarrollar los conocimientos necesarios para trabajar en el *cuadrante 4* es en el que ubicamos la articulación científico-tecnológica (*el cuadrante de Pasteur en la terminología de Stokes* [4]).

El profesional se enfrenta con nuevos retos en su formación, todos ellos relacionadas entre sí: cambios de paradigmas que implican una nueva relación entre la gente y el mundo; cambios en el entorno económico que explican la creciente importancia del espíritu empresarial y los cambios en la demanda de los empleadores que se centran en profesionales que poseedores de las llamadas “habilidades blandas”. Bien es sabido que un ingeniero innovador y emprendedor “crea mundos”, alienta el cambio cultural, trabaja en equipo e interactúa en comunidad, desarrollando redes de apoyo e identificando oportunidades. Desde su actividad cumple con el rol fundamental del desarrollo social de crear empleo y brindar oportunidades. La innovación que generan los

emprendedores, en definitiva, está ligada a mejorar la calidad de vida y ello va en el mismo camino que la igualdad de oportunidades y la expansión de la libertad. El mundo es posible de ser inventado: lo democrático, lo solidario, lo igualitario, lo innovador y lo emprendedor se potencian y son parte de la construcción de una Argentina soñada. Para ello es necesaria una universidad emprendedora que innove en la formación de sus ingenieros y tecnólogos.

Según Tarapuez Chamorro, Osorio Ceballos y Parra Hernández [8], el término “Universidad Emprendedora” fue popularizado por Clark en su investigación *Creating entrepreneurial universities: organizational path ways of transformation*, publicada en 1998. Para Clark [9,10,11,12], las Universidades Emprendedoras son aquellas que maximizan el potencial de comercialización de sus ideas y crean valor en la sociedad. Este tipo de universidades son organizaciones muy flexibles que se insertan en su entorno al responder de manera coherente, estratégica y oportuna ante las exigencias que este les hace, sin que ello signifique una amenaza para su misión académica tradicional. Para insertarse en dicho entorno, la Universidad Emprendedora realiza modificaciones en su cultura y en su estructura organizacional, con el ánimo de generar una respuesta más proactiva, innovadora y ágil, que dé origen a una diversidad de líneas de estudio, nuevas áreas de investigación, nuevos centros de investigación y otras instancias que gestionan la relación entre la universidad, la economía y la sociedad.

La construcción del espacio Exi<sup>2</sup> constituye un auténtico desafío, porque implica abandonar la cultura de una formación del ingeniero caracterizada por lo fragmentario, lo inconexo y asistémico e ir transformándose en una formación que contribuye también a una Universidad Emprendedora. Esto implica la construcción colectiva de una política científica y tecnológica y como dijera Sábato [13], la misma debe estar integrada en una estrategia global de desarrollo, cambio y democratización, y presupone la determinación precisa y realista de los siguientes elementos:

- El sistema de valores que se adopta.
- La elaboración y difusión de una ideología capaz de proporcionar el esquema intelectual.
- Los intereses y las fuerzas, los beneficiarios y los agentes, actuales y potenciales, del desarrollo que se busca.
- Los objetivos, condiciones, métodos e instrumentos del desarrollo.
- La inserción y el papel de la ciencia y de los científicos en el esquema planteado.

#### **4. Objetivos de la propuesta**

##### **4.1. Objetivo general:**

Estructurar un espacio curricular transversal, denominado Espacio de Ingeniería e Innovación (Exi<sup>2</sup>), con el objeto de generar en los futuros ingenieros industriales una nueva cultura emprendedora e innovadora, proponiendo como metodología, una articulación e integración de contenidos -específicos respecto a estos nuevos ejes temáticos-desarrollados en diversas asignaturas, el dictado de nuevos seminarios y la producción de materiales para los distintos niveles del Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Industrial en la UNGS.

##### **4.2. Objetivos específicos:**

- Fortalecer la cultura científica y tecnológica que fortalezca la innovación como parte de la misión de la Universidad de Gral. Sarmiento.
- Contribuir en la generación en los futuros ingenieros una nueva cultura emprendedora e innovadora.
- Promover una cultura científica y tecnológica en los estudiantes de las carreras de Ingeniería.
- Contribuir para que el futuro graduado entienda la importancia de crear nuevo conocimiento a través de la I+D.
- Contribuir a que los estudiantes entiendan cómo son los procesos en que los conocimientos pueden ser apropiados y adaptados por los actores de las tramas productivas y sociales.
- Lograr que los estudiantes entiendan los procesos de vinculación entre quienes producen, identifican, adaptan y aplican los conocimientos.
- Contribuir para que el futuro graduado disponga de las capacidades necesarias para producir conocimiento y gestionar la incorporación de dicho conocimiento a las actividades productivas.
- Propiciar la innovación como pilar del desarrollo científico y tecnológico.

#### **5. Metodología**

En la carrera de Ingeniería Industrial de la UNGS, el desarrollo de ciertos temas tales como la innovación tecnológica, el desarrollo tecnológico, la transferencia de tecnología y conocimiento,

entre otros, suelen tener un carácter fragmentario, inconexo y asistémico. Esto conspira contra la formación integrada del estudiante, más allá de las intenciones curriculares manifestadas en el plan de estudio de la carrera.

Esto está muy lejos de las responsabilidades que la Universidad debe asumir y no se corresponde hasta el presente con la trascendencia que la sociedad y la comunidad le asigna a estos temas.

Para disminuir el problema evidenciado, se propuso el diseño del Programa ExI<sup>2</sup>. Se trata de un espacio que permite integrar y articular contenidos curriculares de materias curriculares, materias optativas, el desarrollo de seminarios, charlas y producción de materiales didácticos para los distintos niveles del Plan de Estudios de Ingeniería Industrial (Figura 2).

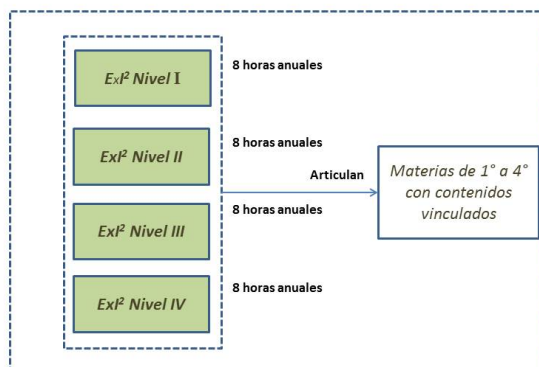


Figura 2. Esquema Espacio Ingeniería e Innovación (ExI<sup>2</sup>)

El programa ExI<sup>2</sup> se plantea en los cuatro niveles de la carrera: de 1° a 4° año. Cada nivel es concebido, a priori, como el desarrollo articulado de 4 ejes temáticos identificados: Ingeniería y conocimiento, Innovación, Desarrollo Tecnológico y Emprendimiento (Tabla 1). Y en cada nivel, además, se deben integrar y articular asignaturas con: contenidos vinculados ya desarrollados, el dictado de nuevos seminarios, materias optativas, charlas, conferencias y la articulación con otras actividades relacionadas como competencias de innovación, hackathon, congresos, etc.

Tabla 1. Ejes temáticos articuladores de ExI<sup>2</sup>

Ejes	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Ingeniería y conocimiento				
Innovación				
Desarrollo Tecnológico				
Emprendimiento				

Para desarrollar y organizar los contenidos de cada Nivel se prevé desarrollar varias etapas:

- Etapa 1. Acordar los ejes temáticos identificados a priori y sus objetivos básicos.
- Etapa 2. Desarrollar los contenidos de cada eje temático propiamente dicho en sus cuatro niveles (La propuesta inicial se propone en la Tabla 2).
- Etapa 3. Identificar Materias del actual Programa de Estudios con contenidos vinculados para los Niveles de I a IV con las que será posible integrar y articular.

Tabla 2. Contenidos Iniciales propuestos (Exi<sup>2</sup>)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Eje Ingeniería y conocimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Historia de la Ingeniería</li> <li>• Ingeniería moderna (indicadores, perfiles, funciones)</li> <li>• Pirámide del conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de Ciencias Básicas y Ciencia aplicadas.</li> <li>• Concepto Investigación y Desarrollo (I+D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práctica Investigación y Desarrollo (I+D)</li> <li>• Protección del conocimiento / Propiedad Intelectual e industrial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquete Tecnológico</li> </ul>
<b>Eje Innovación</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología</li> <li>• Concepto de Innovación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadenas de valor y valor agregado</li> <li>• Economía de la innovación</li> <li>• Innovación incremental o radical</li> <li>• Sistemas nacionales (locales) de innovación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ámbitos de Innovación (Clúster, Parques, Polos, Distritos, Empresaria-lidad, Empresa de Base Tecnológica y Emprendedorismo etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinámicas de Innovación, actor red, Construcción Social de la Tecnología</li> <li>• Herramientas de Diagnóstico Tecnológico</li> </ul>
<b>Eje Desarrollo</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolución del concepto desarrollo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo Económico / Local / Tecnológico</li> <li>• Territorio, desarrollo y producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agencia de Desarrollo / Unidades de Vinculación Tecnológica</li> <li>• Ventajas comparativas vs ventajas competitivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo</li> <li>• Vinculación y transferencia tecnológica</li> </ul>

## 6. Resultados Esperados

Argentina es un país con un importante desarrollo científico de alta calidad; sin embargo tiene una urgente tarea pendiente: el transformar el conocimiento científico en desarrollos tecnológicos, con el impacto que esto implica sobre la creación de empresas, de puestos de trabajo de calidad y la generación de riqueza. Ese desafío está ligado con el diseño y producción de productos innovativos de alto valor agregado; donde se van a desempeñar ingenieros y tecnólogos con capacidades necesarias para crear conocimiento y gestionar su incorporación a las actividades productivas.

Esta propuesta está alineada con el nuevo paradigma en la educación de ingenieros innovadores y emprendedores, basada en el desarrollo de un conjunto de capacidades y competencias útiles para la inserción de los alumnos en la vida adulta, apuntando no sólo a su preparación para que sean empleados calificados, sino también como empleadores y principalmente como ciudadanos activos y responsables, que puedan emprender y tomar riesgos, sin temer al fracaso.

Esas capacidades o competencias son el nudo formativo de la propuesta de Exi<sup>2</sup>. En primer lugar es necesario definir con precisión cuáles son los conocimientos, las habilidades y las actitudes que se pretenden desarrollar en los distintos niveles y ejes.

La estrategia para lograr la implementación efectiva de esta propuesta no sólo está asociada al dictado de nuevos seminarios y la producción de nuevos materiales sino que es necesario como metodología articular e integrar contenidos y experiencias ya desarrolladas en diversas asignaturas, equipos de investigación y laboratorios existentes.

Es necesario tener un minucioso detalle de cómo puede contribuir cada uno al desarrollo de las competencias que se pretende desarrollar y a partir de allí integrar un programa homogéneo y articulado en sus distintos niveles y ejes.

Si bien esta es una experiencia en pleno desarrollo, sobre la base de lo expuesto por los docentes involucrados en una evaluación inicial de sus sensaciones frente a esta propuesta se pueden

pensar en plantear algunas conclusiones que, lejos de pretender cerrar el análisis, simplemente plantean espacios para seguir pensando este proyecto y mejorar este espacio en creación.

En primer lugar, pareciera ser un acierto la exploración de contenidos y metodologías poco frecuentes en el espacio de formación técnica. Efectivamente se ha encontrado un conjunto de estudiantes con vocación emprendedora e innovadora que valoran iniciativas como las de este espacio en cuanto a los contenidos propuestos y a la metodología de trabajo.

Sobre la base de lo expresado por los docentes, el contacto con el contexto real pareciera ser otro acierto por parte de esta propuesta formativa. Concretamente, el vínculo con modelos de rol, es decir, con ejemplos concretos de emprendedores, científicos y tecnólogos reales que exponen sus experiencias en el aula, ha permitido tener una visión más amplia y acabada del contexto real del desarrollo regional que se complementa con las ideas que los estudiantes tienen de esta actividad. Asimismo, es destacable la necesidad de preparar a los estudiantes para un nuevo contexto de aprendizaje ajustando tanto las expectativas del equipo docente como la de los propios estudiantes. En este sentido, es importante entender que esta es una propuesta en construcción y que, en alguna medida, esta misma se presenta como un espacio disruptivo respecto de la clásica formación de ingenieros.

## 7. Conclusiones

La construcción de un Espacio para la Ingeniería y la Innovación en la carrera de Ingeniería Industrial de UNGS está ligado al citado cuadrante 4 (cuadrante de Pasteur), donde se ubica la articulación científico-tecnológica. Es el cuadrante que está relacionado con el diseño y producción de productos innovativos de alto valor agregado; donde se van a desempeñar ingenieros científicos y tecnólogos con capacidades necesarias para crear conocimiento y gestionar su incorporación a las actividades productivas. Esas capacidades son el nudo formativo de la propuesta de Exi<sup>2</sup>, y en cuanto a la estrategia para lograrlo, se sustenta en dos tareas básicas, *integrar* y *articular*. Pero al mismo tiempo incorporando nuevos contenidos para apoyar la formación en conocimientos, habilidades y actitudes que se condicen con una cultura científica – tecnológica. Con ello se espera generar conciencia y capacidad de desempeño en los futuros graduados de que ellos son actores fundamentales para poder impulsar la transformación del país.

## 8. Referencias

- [1] Wiener, N. (1994). *Invention - The care and feeding of ideas*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- [2] Dvorkin, E. (2011). Convirtiendo Ciencia en Tecnología: el rol del Estado. *Revista de Ciencias Sociales Realidad Económica* N° 261. Instituto Argentino para el Desarrollo Económico.
- [3] Bush, V. (1945). *Science the endless frontier*. [Http://www.nsf.gov](http://www.nsf.gov).
- [4] Stokes, D. (1997). *Pasteur's Quadrant – Basic Science and Technological Innovation*, Brookings Inst. Press, Washington D.C.
- [5] Callon, M. (1987). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis de sociológico, en: M. Doménech, y F. J. Tirado, *Sociología Simétrica*, Barcelona: Gedisa, 1998.
- [6] Rojas, J. (2013). *Prácticas profesionalizantes en la educación técnica. Diseño de proyectos para la evaluación por capacidades profesionales*. Novutec. Buenos Aires.
- [7] Varela, R. (2001). *Educación Empresarial: el reto del Nuevo siglo*. Universidad ICESI. Colombia.
- [8] Tarapuez Chamorro, E.; Osorio Ceballos, H.; Parra Hernández, R. (2012). Burton Clark y su concepción acerca de la universidad emprendedora. *TENDENCIAS: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. Universidad de Nariño. Colombia. Vol. XIII. No. 2 - 2do. Semestre 2012, Julio - Diciembre - Páginas 103-118.
- [9] Clark, B. (1998b). *The Entrepreneurial University: Demand and Response*. *Tertiary Education and Management*, Vol. 4, No. 1. pp. 5-16.
- [10] Clark, B. (2004b). *Delineating the Character of the Entrepreneurial University*. *Higher Education Policy*, Vol. 17. pp. 355-370.
- [11] Clark, B. (1998a). *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation*. Oxford: Pergamon-Elsevier.
- [12] Clark, B. (2004a). *Sustaining Change in Universities*, Society for Research into Higher Education. Londres: Open University Press.
- [13] Sábato, J. (1972). *¿Laboratorios de investigación o fábricas de tecnología? Los libros de Ciencia Nueva*. [Http://blog.ciencianueva.com](http://blog.ciencianueva.com)

# Programa Despertando Vocaciones para Tecnologías: una Experiencia de Integración de Enseñanza, Investigación, Extensión y Gestión para Carreras Tecnológicas

Vanderlei de Oliveira, Gabriel<sup>1\*</sup>; Chaves de Sena, Alexander Patrick<sup>2</sup>; Viana da Silva, Erick<sup>3</sup>; Cézane Gomes Valadares, Dalton<sup>4</sup> Da Silva Lima Viana, Kilma<sup>5</sup>

*Instituto Internacional Despertando Vocaciones.*

(1) gabrielvanderlei10@hotmail.com; (2) alexander.sena@caruaru.ifpe.edu.br; (3) erick.viana@institutoidv.org ;(4) dalton.valadares@caruaru.ifpe.edu.br (5) kilma.viana@institutoidv.org

## RESUMEN.

Este trabajo objetivó discutir el tema educación en la formación de ingenieros a través del análisis de acciones del Programa Internacional Despertando Vocaciones para Tecnologías (PDVT). El tema se vuelve relevante por el hecho de que en muchos lugares la dificultad en atraer jóvenes hacia carreras tecnológicas, en especial las ingenierías, es una realidad presente que dificulta la generación de riquezas para la sociedad provenientes de innovaciones en procesos y productos. De esta forma, antes incluso de pensar en la formación de ingenieros, necesitamos crear estrategias que sean capaces de atraer a jóvenes a convertirse en ingenieros. Para ese trabajo se utilizó la metodología de estudio de caso y posee la naturaleza de investigación exploratoria y cualitativa. Se verificó que acciones conjuntas que involucraba Enseñanza, Investigación, Extensión y Gestión fueron capaces de estimular estudiantes de la enseñanza media por carreras Tecnológicas y, en especial de las ingenierías a través del PDVT. El trabajo concluye que existe, en el ámbito de Brasil y Argentina una problemática, común, compleja, que exige intervenciones de diversas naturalezas y dimensiones para estimular a los jóvenes son ingreso, permanencia y éxito en carreras tecnológicas. Sin embargo, entre las posibilidades de acciones se encuentra la propuesta de acciones integradas entre cursos superiores del área tecnológica, escuela de enseñanza media y sociedad civil organizada. Al final se propone nuevas investigaciones que puedan tratar del seguimiento a medio plazo de los estudiantes provenientes de las acciones del PDVT y su impacto en el proceso decisorio de esos estudiantes por carreras tecnológicas.

**Palabras Claves:** PDVT, Extensión, Enseñanza, Gestión, Tecnologías.

## ABSTRACT

This work aimed to discuss the theme education in the training of engineers through the analysis of actions of the International Program Awakening Vocations for Technologies (PDVT). The issue is made relevant by the fact that in many places the difficulty in attracting young people to technological careers, especially engineering, is a present reality that makes it difficult to generate wealth for society from innovations in processes and products. Thus, before we even think about engineers' training, we need to create strategies that are capable of attracting young people to become engineers. For this work was used the methodology of case study and has the nature of descriptive and qualitative research. It was found that joint actions involving Teaching, Research, Extension and Management were able to stimulate high school students by Technological careers, and especially of engineering through the PDVT. The potential of students' involvement with their courses, the development of the skills and attitudes necessary for professional practice in the world of work and the stimulation of creativity and innovation were perceived through their experiences. The paper concludes that there is a common and complex problem in Brazil and Argentina that requires interventions of different natures and dimensions to stimulate young people to enter, maintain and succeed in technological careers. At the end, it is proposed new investigations that can deal with the medium-term follow-up of the students coming from the actions of the PDVT and their impact in the decision-making process of these students by technological careers.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo objetivó discutir el tema educación en la formación de ingenieros a través del análisis de acciones del Programa Internacional Despertando Vocaciones para Tecnologías (PDVT). El tema se vuelve relevante por el hecho de que en muchos lugares la dificultad en atraer jóvenes hacia carreras tecnológicas, en especial las ingenierías, es una realidad presente que dificulta la generación de riquezas para la sociedad provenientes de innovaciones en procesos y productos. De esta forma, antes incluso de pensar en la formación de ingenieros, necesitamos crear estrategias que sean capaces de atraer a jóvenes a convertirse en ingenieros. Para ese trabajo se utilizó la metodología de estudio de caso y posee la naturaleza de investigación exploratoria y cualitativa. Se verificó que acciones conjuntas que involucraba Enseñanza, Investigación, Extensión [1,4] y Gestión fueron capaces de estimular estudiantes de la enseñanza media por carreras Tecnológicas y, en especial de las ingenierías a través del PDVT. Se percibió a través de las experiencias vivenciadas el potencial de participación de los estudiantes con sus cursos, el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el ejercicio profesional en el mundo del trabajo y el estímulo a la creatividad e innovación. El trabajo concluye que existe, en el ámbito de Brasil y Argentina una problemática, común, compleja, que exige intervenciones de diversas naturalezas y dimensiones para estimular a los jóvenes son ingreso, permanencia y éxito en carreras tecnológicas. Sin embargo, entre las posibilidades de acciones se encuentra la propuesta de acciones integradas entre cursos superiores del área tecnológica, escuela de enseñanza media y sociedad civil organizada. Al final se propone nuevas investigaciones que puedan tratar del seguimiento a medio plazo de los estudiantes provenientes de las acciones del PDVT y su impacto en el proceso decisorio de esos estudiantes por carreras tecnológicas.

Los gobiernos invierten recursos significativos en la estructura de formación profesional de los estudiantes, la sociedad, como un todo, necesita de profesionales que puedan hacer frente a las demandas de crecimiento del país. Asociación Brasileña de Estudios en Ingeniería - ABENGE apuntó que de 5.583 cursos de ingeniería en Brasil, en 2016 se formaron 100.421, 71,58% en instituciones privadas y 28,42% en públicas. Sin embargo, estos nuevos ingenieros representan sólo el 54,28% de los que ingresaron inicialmente en los respectivos cursos. Según el Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio Teixeira - INEP de 1000 candidatos al ingreso en un curso de ingeniería, sólo 175 ingresan en la universidad y de ellos, sólo 95 concluyen su curso

[8]. El Ministerio de Educación de Argentina informa en su sitio informa que la relación de 1 ingeniero para 8000 habitantes cayó entre 2003 y 2009 a 1 / 6.700 y se pretende alcanzar la tasa de 1/4000. China tiene una relación de 1/2000, Alemania 1/2300, Brasil 1/6000. Hay una alta tasa de abandono de los estudiantes de ingenierías asociadas a una alta tasa de empleabilidad antes de la conclusión del curso por el mundo del trabajo. De esta forma además de la cuestión de ocupación la formación de profesionales del área de tecnología, ingenieros, está asociada directamente al proceso, el desarrollo de una sociedad apta para resolver problemas del siglo XXI tales como sistemas energéticos, comunicaciones, calentamiento global, contaminación, saneamiento, construcciones sostenibles.[9]

## 2. PROGRAMA DESPERTANDO VOCACIONES

El PDV surgió de una experiencia exitosa en la que el IFPE formó parte, a invitación de la Universidad de Mendoza en 2012, que tenía como objetivo realizar un trabajo de estímulo a los estudiantes secundarios de Argentina, Colombia y Brasil por las carreras ligadas a las ingenierías - DESPERTAR VOCACIONES TECNOLÓGICAS (DVT) [2].

En el momento de la evaluación del proyecto, los socios de Argentina fueron invitados a participar en una reunión, que tenía como pauta la presentación de un borrador de un Programa de Extensión Internacional, destinado a las licenciaturas, coordinado por profesores del IFPE-campus Vitória: El Programa Internacional Despertando Vocaciones para Licenciaturas - PDVL, con el objetivo de "Desarrollar acciones que ayuden en el despertar del interés para los cursos de Licenciatura, a través de la articulación de actividades de enseñanza, investigación y extensión y del intercambio de saberes entre la Academia y la Escuela Básica, teniendo como foco la formación del profesor y las tecnologías educativas, utilizando el formato de red de Cooperación ". [3]

En el año 2014 el PDVL fue conducido de manera piloto, pues era la primera vez que se estaba desarrollando un programa de esa naturaleza en el IFPE. Como era piloto, a pesar de ser un programa destinado a todas las licenciaturas, en el primer momento, sólo se contempló la Licenciatura en Química. La elección del curso se dio por el hecho de que ya existe en el campus Vitória el Grupo de Estudios e Investigaciones en Enseñanza de Ciencias - GEPEC, liderado por la coordinadora general y proponente del PDVL. El GEPEC ya desarrollaba investigaciones en el área de Química y de Física. A partir de resultados de investigaciones desarrolladas por el GEPEC, se verificó la necesidad de desarrollar estrategias y acciones en el área de Ciencias de la



Naturaleza, debido a las diversas lagunas que esa área presenta, con la perspectiva de buscar estrategias para auxiliar en la democratización y desmistificación de la enseñanza de la Química, en ese primer momento, constituyendo como un espacio de intercambio de saberes entre los licenciandos y los estudiantes de la Enseñanza Media de la Red Pública de enseñanza.

En el año 2014 a través del PDVL y de las alianzas entre el Instituto Federal de Pernambuco (IFPE - campus Vitória), el Instituto Federal de Paraíba (IFPB - campus João Pessoa), el Instituto Federal Sertão Pernambucano (IF-Sertão PE - campus (UNLP), Universidad de Mendoza (UNC), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Universidad de Playa Ancha (UPLA) y Ministerio de Educación de Panamá (MEDUCA), como planificación conjunta, talleres, visitas técnicas, ferias de profesiones, simposios, congresos y cursos de extensión internacional.

A finales del año 2014, un grupo de estudiantes del curso de Agronomía del IFPE -campus Vitória, sintiendo necesidad de realizar actividades de extensión y observando el éxito del PDVL, solicita una reunión con la coordinación y profesores del curso, junto con el Directorio académica. En la reunión, ante muchas demandas de los estudiantes y de la real necesidad de fomentar acciones en el área de las Ciencias Agrarias, la semilla del Programa Internacional Despertando Vocaciones para Ciencias Agrarias - PDVAgro, fue plantada[4]

Durante el año 2015 el PDVAgro fue conducido de forma piloto, pero en pocos meses se hizo referencia en sus acciones de enseñanza, investigación, extensión y red de cooperación. Las asociaciones ya iniciadas por el PDVL con los Institutos Federales de Paraíba, Alagoas y Sertão Pernambucano fueron fortalecidas también en el área de las Ciencias Agrarias, nuevas alianzas nacionales fueron firmadas y también internacionales a ejemplo de INACAP (Chile).

Las actividades desarrolladas en el PDVAgro están alineadas al objetivo de "Desarrollar acciones que ayuden en el despertar del interés para los cursos de las áreas de ciencias agrarias, a través de la articulación de actividades de enseñanza, investigación y extensión y del intercambio de saberes y hacer entre la Academia y la Sociedad, teniendo como foco la formación del estudiante, la integración con el Mundo Rural y las tecnologías educativas, utilizando el formato de Red de Cooperación Internacional "ya tres ejes directamente relacionados y articulados entre sí y que son ejecutados por los socios en sus lugares de actuación, tomando como herramienta principal, de diagnóstico, las metodologías participativas.[4,5]

Al mismo tiempo que el PDVAgro se desarrollaba, en 2015, el PDVL dio continuidad a las acciones exitosas e inició otras nuevas, conforme objetivos específicos para esa nueva etapa. Destacamos también que desde el año 2015, se ha ampliado el contexto de actuación, pues además de la licenciatura en Química, otras licenciaturas fueron contempladas. Para esta edición, se contemplaron los siguientes cursos de Formación de Profesores - Grado en Química, Física, Geografía, Matemáticas, Educación, Biología, Historia, Literatura, / Tecnología de la Información Informática, Educación Física, Música y también asociaciones: IFPE (campus Vitória, Recife y Barreiros), Sertão-Pernambucano (campus Petrolina y Salgueiro , IFPB (campus João Pessoa), IFRO (campus Jiparaná), IFPI (campus Teresina), IFRN (campus Natal Central), FACHUSC (Salgueiro), UPLA, UNLP, UM, UTN e ITSE.

De acuerdo con la planificación de actividades y producción científica de cada proyecto, se promueven la realización de días de campo, días especiales, apoyo a la implantación de unidades demostrativas y de unidades de prueba y demostración, como herramientas de validación de los trabajos desarrollados a lo largo del Programa . Sus acciones se desarrollan a partir de Grupos de Trabajo (GT's) orientados por profesores orientados, colaboradores voluntarios del Programa, y estudiantes de la Enseñanza Media, Técnico y Superior, fortaleciendo el intercambio de saberes y haceres.[5] Así, la educación es concebida como un derecho individual y colectivo y el Programa como una herramienta que busca la real interiorización de las cuestiones relacionadas con las cuestiones del mundo rural, sea en una dimensión local o extraterritorial.

En 2016 durante la realización del III COINTER PDVL e I COINTER PDVAGRO, las instituciones asociadas presentes se reunieron y acordaron dos áreas de interés específicas, convergentes y de interés mutuo: Tecnologías y Gestión. De esta forma, se articuló la construcción de actividades locales que pudieran estimular la creatividad, la innovación tecnológica y la utilización de las buenas prácticas de gestión para estimular la proactividad, autonomía y emprendimiento en las comunidades escolares y en asociación con el mundo del trabajo, surgiendo así, el PDVG (Programa Internacional para la Gestión) y el PDVT (Programa Internacional para las Tecnologías) [6]

### **3. METODOLOGÍA**

El trabajo en tela fue diseñado metodológicamente como una investigación exploratoria, cualitativa, a través de un estudio de caso con intervalo temporal de 2012 a 2018. En la

metodología de investigación el estudio de caso ha sido utilizado con frecuencia en universidades brasileñas y extranjeras por el hecho de posibilitar la realización de investigaciones aplicadas a casos reales. Según André (2018, p.14)

Al tratar el estudio de caso en educación, André critica la postura de algunos investigadores en educación en ver el estudio de caso en un sentido estricto, con un estudio descriptivo de una unidad sea ella escuela, un profesor, un grupo de alumnos, una sala de clase, en la forma de modelos pre-experimentales de investigación, con el objetivo de explotación inicial de una temática, levantando informaciones e hipótesis para futuros estudios. Según ella, esos investigadores en educación acaban haciendo "estudios de un caso" y "no estudio de caso", al revelar conocimientos puntuales, que toman porciones reducidas de la realidad. Muchos utilizan instrumentos de recolección y presentan datos empíricos, pero hay poca exploración de los datos en términos de sus relaciones como el contexto y el significado para los sujetos.

En la presente investigación se escogieron 03 situaciones vivenciadas por estudiantes participantes del caso PDVT como punto de partida para una reflexión sobre los condicionantes que fueron encontrados para hacer sus respectivos cursos atractivos y provocara la voluntad de cursar carreras tecnológicas, más específicamente ligadas a las ingenierías. La primera situación correspondió al desarrollo de una plataforma de gestión de eventos científicos integrada al registro de asociados a una institución técnica científica, desarrollada por un estudiante de enseñanza media. El segundo ejemplo consistió en el desarrollo de un juego para Android desde la plataforma MIT App Inventor con objetivos escolares para ser utilizado por profesores de la enseñanza fundamental y despertar el interés de los estudiantes por el uso de la tecnología en el aprendizaje. Por último utilizamos una experiencia de movilidad internacional que involucró a estudiantes.

#### **4. RESULTADOS**

Los resultados encontrados en el estudio de caso del Programa Despertando Vocações para Tecnologías fueron subdivididos en tres. Se corresponden a intervenciones del PDVT en la formación del estudiante, en los cuales pudieron ser desenvueltos los principios del PDV, Protagonismo Estudiantil, Democratización del Conocimiento, Internacionalización, Construcción Colaborativa y Fortalecimiento de la Carrera. Para ello pasamos a hacer la contextualización, de las experiencias con la inserción de fragmentos de entrevistas con los sujetos participantes.

##### **4.1 IIDV SMART EVENT**

La primera situación correspondió al desarrollo de una plataforma de gestión de eventos científicos integrada al registro de asociados a una institución técnica científica, denominada IIDV SMART EVENT desarrollada por un estudiante de enseñanza media. Se utilizó PHP en la parte del servidor y SQL en la base de datos, son lenguajes muy comunes de utilizar actualmente. El sistema fue desarrollado desde cero por el estudiante utilizando un marco de desarrollo propio. El sistema cifra todas las contraseñas en conjunto con el CPF<sup>1</sup> del usuario y éste se convierte en la clave para el acceso del usuario. Todas las páginas son muy rigurosas para acelerar la navegación, actualmente, después del primer acceso sólo el contenido del sitio se descarga, los datos referentes a los estilos y secuencias de comandos se guardan en el equipo del usuario. Se utilizó un marco para ayuda en el diseño de las páginas, el Bootstrap. Y otro para acelerar el funcionamiento de las páginas, los scripts que no son del servidor, el jQuery.

Según el estudiante, "el tiempo fue y sigue siendo la mayor dificultad, muchas veces tuve que quedarse la noche desarrollando, lo que es bastante desgastante". Se utilizó la biblioteca de creación de PDF y otra de correos electrónicos para permitir el envío de correo electrónico de certificados, que tienen más probabilidades de ser identificados como seguros por los proveedores de correo electrónico para hacer la plataforma más robusta. En el código como un todo no hubo grandes dificultades porque no ocurrieron grandes problemas relacionados con la lógica de las operaciones, pero la parte de pagos, en la que el alumno no tenía mucha experiencia acabó siendo un problema. La Figura 1 muestra una fotografía del IIDV Smart Event.

---

<sup>1</sup> Cadastro de Pessoa Física – documento único de identificación y control de gobierno de Brasil.



Figura 1 IIDV Smart Event. Fuente: foto del autor.

Se llegó a desarrollar un sistema de pago vía boletos que estaba completamente implementado, pero que por razones administrativas acabó no siendo utilizado en la versión final. Otros métodos de pago no se agregaron por falta de tiempo para completar la integración con las API. También se pretende desarrollar otra versión de la plataforma que sólo se centra en aplicaciones móviles utilizando API más actualizadas, pero "todavía hay que estudiar mejor esta alternativa debido a las cuestiones financieras que estas API incluyen" concluye el estudiante. El SMART fue mi primer gran sistema implementado para el público en general, creo que eso por sí solo me ha dado un equipaje muy fuerte, además ha incrementado considerablemente mi cartera. En relación a la sensación de establecer una relación práctica entre el conocimiento teórico y práctico, el estudiante nos dice que:

"La oportunidad de poder ser remunerado por un trabajo que yo mismo desarrollé por primera vez fue muy importante, para mostrar lo que puedo conquistar con el conocimiento. Recuerdo que el día que fui pagado por el sistema fui en un restaurante a celebrar con la familia, ya que significaba ahora que el sueño de ganar la vida haciendo lo que me gusta hacer estaba más cerca de ser realidad. Además, la experiencia que he desarrollado, la mejora de mi técnica personal, ha sido inmensa durante todo el proceso de desarrollo. Tanto que como he citado, hoy sólo conozco tecnologías que me permiten desarrollar aplicaciones y sitios de manera más simple a causa de esa profundización que hice".

Un desafío enfrentado por el estudiante fue la prueba y validación del sistema como un todo. Debido a la dificultad natural que un desarrollador tiene de al construir las partes de un todo, dejar alguna laguna en la intercesión de las partes. De esta manera, la percepción del usuario es de fundamental importancia. Concomitantemente a la ejecución de ese proyecto el estudiante participó de cursos de formación continuada, conferencias, talleres relacionados a temas tecnológicos y de gestión. Escribió en conjunto con otra estudiante un artículo científico y se incorporó a un proyecto de iniciación científica en la institución que estudia.

#### 4.2 SIMA

La velocidad con que las tecnologías revolucionan el trabajo del hombre en los diversos espacios no es diferente para los agricultores, sean pequeños o grandes productores. En países con una estructura de producción agrícola dependiente del buen funcionamiento de la agricultura familiar, como Brasil, se percibe la necesidad de crear estrategias formativas que incentiven a los jóvenes, hijos de agricultores, a familiarizarse con nuevas tecnologías que puedan generar aumentos significativos de su calidad de vida, especialmente en sus propiedades.

Sin embargo, los registros históricos indican una tendencia de caída en la búsqueda de carreras en áreas relacionadas a las ingenierías ligadas a las ciencias agrarias. Este hecho es más preocupante, pues visualizamos un escenario para la producción de alimentos en el campo con jóvenes que poseen habilidades alineadas a las nuevas tecnologías de información y comunicación. Y no podría ser diferente con el área de las ciencias agrarias. Alumnos familiarizados con tecnologías que permiten la búsqueda de informaciones y soluciones para los problemas cotidianos, estimulando el uso de esas herramientas tecnológicas contextualizadas en el medio agrario. El caso en cuestión involucró a un equipo multidisciplinario que fue un estudiante de licenciatura en química, uno de ingeniería agronómica y profesores de pedagogía, administración e ingeniería de la computación.



Figura 2 SIMA. Fuente: foto del autor.

El objetivo fue desarrollar una aplicación de fácil utilización que pudiera ser utilizada en el aula como instrumento complementario a las clases de profesores de la enseñanza fundamental. Después de una actividad del PDVT realizada en una institución de enseñanza agrícola con un taller de robótica impartida por estudiantes de mecatrónica a estudiantes de cursos agrarios surgió el interés por parte de los estudiantes en el desarrollo de productos que pudieran estar relacionados a sus universos de actuación y estuvieran insertados en nuevas tecnologías. De esta forma se creó un grupo de trabajo orientado por los profesores de ingeniería de la computación para desarrollar conceptos básicos de utilización de programación en la plataforma del MIT App Inventor. Después de aproximadamente seis meses un juego de complejidad baja fue desarrollado para ser trabajado en las actividades del PDV en escuelas rurales, esa experiencia fue sometida al SIMA - París International Agribusiness Show y seleccionada junto para ser presentada en marzo de 2017 (Figura 2). Los estudiantes que desarrollaron el proyecto, los líderes estudiantiles, políticamente comprometidos, participan como conductores de grupos de trabajo y estudios junto a estudiantes de enseñanza media con la intención de durante la trayectoria escolar, estén involucrados en actividades prácticas, dinámicas que permitan, así como ellos, lograr una excelente performance académica y de formación profesional que los estimulan a emprender las carreras tecnológicas [7].

#### 4.3 DRONE BILINGUE

El PDVT estimula la realización de actividades con profesionales de diversas áreas del conocimiento con el objetivo de cada vez más aproximar las experiencias académicas de lo que, de hecho ocurre en el mundo real. De esta forma, se promovió la interacción entre dos grupos de trabajo que actuaban con mecatrónica y el otro con agroecología. Durante un encuentro entre los equipos, se levantaron proyectos multidisciplinarios que abarcar tanto el área de Mecatrónica y el área Agrícola. Entre ellos un sistema de irrigación automático que sería energizado a través de la energía solar y un drone que consiguiera asperjar calda agroecológica en plantaciones, visando las áreas de difícil acceso terrestre y con bajo costo para que pudieran ser accesibles a los agricultores familiares. Los trabajos se iniciaron ya partir de asociaciones del PDV con universidades internacionales, se realizó un intercambio para Chile, en el cual los estudiantes cursaron Automatización y Control Industrial, buscando perfeccionar y expandir los conocimientos adquiridos en nuestro curso de Técnico en Mecatrónica para la consecución del drone. Todo proceso de planificación para el intercambio a Chile, fue realizado con un plan de trabajo de estudio e investigación bajo la orientación del coordinador del proyecto (Figura 3).



Figura 3 Drone. Fuente: foto del autor.

En principio, se realizó una investigación sobre diversos factores como la cantidad de investigación científica en el área, viabilidad del proyecto, si este producto sería accesible para los posibles clientes y si ya existe algún producto similar. Como se esperaba, la tecnología ya existe, pero con costos muy elevados y casi imposibles para los pequeños / medianos agricultores que son justamente el público que más necesita una inserción tecnológica, ya que el costo de productos actuales de la misma función puede llegar a 20.000 dolares americanos por dron.

La fase de investigación fue entonces iniciada antes del intercambio y continuada en Chile, donde se contó también con los profesores de la universidad asociada para el desarrollo del proyecto. Para que cualquier dron pueda realizar un vuelo autónomo o incluso semi-autónomo para una determinada finalidad es necesario que algunas etapas sean cumplidas. Primero se realizó la adquisición de las partes mecánica y electromecánica: Marco (Estructura base del dron), motores y hélices. La parte electrónica, en la que están presentes los controladores de velocidad para los motores (conocidos como ESCs), batería, radio control, y por fin la electrónica central que está constituida por el procesador y los sensores (receptor del radio control, acelerómetro, giroscopio, brújula, barómetro y en el futuro otros, como GPS).

En el caso de que se produzca un cambio en la calidad de los datos, se debe tener en cuenta que, de los ejes coordinados de la estructura, fue necesario realizar una serie de filtros contra ruidos y filtros de fusión de datos, para que pudiera ser desarrollado el controlador de estabilidad del Dron. Se puede decir que esta es la fase más delicada del proyecto, pues depende de ella la calidad del vuelo. Por este motivo, existen innumerables trabajos científicos concentrados en desarrollar métodos para optimizar el controlador de estabilidad. Y es en esta fase que el proyecto se encuentra, ya con buenos resultados, desarrollando, a través de algunos métodos ya bien fundamentados, nuestro propio controlador de estabilidad para la plataforma.

Para realizar las pruebas de estabilidad antes de realizar vuelo, se construyó una estructura que permite al dron realizar movimientos en varias direcciones. En este momento, el proyecto se encuentra en la fase de las pruebas de estabilidad en esa estructura, para que los ensayos en el aire puedan ser hechos con mayor seguridad. En cuanto a la dispersión de la calda agroecológica, se inició una investigación para que podamos definir la mejor estrategia a fin de reducir el peso del mecanismo, maximizar la capacidad de almacenamiento y también la mayor efectividad para cubrir la mayor área posible y utilizando la cantidad correcta de la solución, minimizando el desperdicio. Para que el objetivo final pueda ser alcanzado, aún es necesario realizar el control de altura y el control de posición en el espacio, con la finalidad de realizar vuelos totalmente autónomos. Para uno de los estudiantes participantes del proyecto "Toda la experiencia obtenida en el transcurso de este proyecto ha sido bastante enriquecedora, ya que la construimos no sólo junto a nuestros profesores brasileños, como también profesores de Chile, además de mostrar un proyecto altamente desafiante y que envuelve en el sentido de que la naturaleza del proyecto tecnológico, en sí, junto con la experiencia internacional, provoca en los estudiantes una madurez profesional y con proactividad y protagonismo. Los estudiantes desarrollan minicursos, talleres y charlas en escuelas municipales con el objetivo de incentivar a otros estudiantes por las carreras tecnológicas y de ingeniería. Actualmente los estudiantes que han participado en la experiencia cursan ingeniería mecánica

## **6. CONCLUSIONES**

La enseñanza de carreras tecnológicas, en particular las ingenierías, se desarrollan de forma paralela al proceso de formación de estudiantes en las carreras secundarias. Esta característica puede permitir estrategias de acciones de formas distintas para estimular a estudiantes, aún en la enseñanza media, por carreras tecnológicas. La etapa exploratoria de este estudio denota en situaciones específicas, en las cuales se desarrollaron actividades paralelas de Enseñanza, Investigación, Extensión y Gestión que, a pesar de las limitaciones naturales existentes de orden de recursos humanos y financieros, fue posible estimular a estudiantes de enseñanza media, no sólo a se interesan por carreras en las áreas tecnológicas, se leen ingenierías, como también, provocó en los estudiantes de ingeniería un fortalecimiento en su decisión por la elección de la profesión. La investigación no pretendió responder a todas las cuestiones ni lanzar soluciones definitivas, objetivó discutir la formación de ingenieros bajo la experiencia del PDVT, así pues, proyecta luz sobre posibles actividades que, en consonancia con políticas públicas más amplias pueden colaborar con el fortalecimiento del interés de los intereses estudiantes por carreras tecnológicas.

## 7. REFERENCIAS.

- [1] Silva, S., Viana, K. D. S. L., & da Silva, E. V. (2018). "Percepção da Internacionalização pelos Extensionistas do Programa Internacional Despertando Vocações Para Licenciaturas do IFPE Campus Vitória de Santo Antão". Recife-PE. 1ªEd. Editora IIDV.
- [2] NUNEZ, A.M.; SILVA, Erick Viana da; VIANA, K.S.L.; LEITON, R.B.; SIRMOVITSCH, N. B.; PEANO, A.M.; CARBONARI, D.B. (2015). ISBN 0000000443171 – "Despertando Vocaciones Tecnológicas: Del Proyecto a la Acción". 1. ed. Mendoza: Idearium, 2015. v. 1. 200p
- [3] LIMA, R.S.; SILVA, E.F.S.; SILVA, D.F.S.; SILVA, Erick Viana da (2017). "A Importância da Inserção dos Estudantes de Licenciatura em Projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão". In: Iv Congresso Internacional das Licenciaturas, 2017, Natal. Anais Do Iv Cointer Pdvl 2017.
- [4] SILVA, K.S.; MOURA, E.J.; CAVALCANTE, M.J.; SILVA, Erick Viana da; SILVA, E. R. (2017). "Atividades de Extensão e Internacionalização no Curso de Agronomia no IFPE". In: I Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias, 2017, Natal. Anais do I Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias. Natal, 2017. v. 1.
- [5] MADUREIRA, L.L.; SANTANA, W.S.; SILVA, M.C.; SILVA, Erick Viana da (2017). "Percepção dos Participantes do PDV Sobre Cursos de Capacitação". In: I Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias, 2017, Natal. Anais do I Congresso Internacional de Gestão e Tecnologias. Natal, 2017. v. 1
- [6] CAVALCANTE, M.J.; SOUZA, C.S.; SILVA, E.R.; VIANA, K.S.L.; SILVA, Erick Viana da. (2016). "Teoria Institucional e o Breve Percurso de Internacionalização do Instituto Federal de Pernambuco: Programa Despertando Vocações e Suas Contribuições". In: I Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2016, Vitória de Santo Antão. Congresso Internacional das Ciências Agrárias. Vitória de Santo Antão: PDV, 2016. v. 1. p. 1-9.
- [7] SILVA NETO, F.R.; TAVARES, M.A.; SILVA, Erick Viana da; VIANA, K.S.L.; VALADARES, D.C.G. (2017). "The Use of Technologies of Communication and Information as an Inducer of Information Society Skills in Students From Rural Areas". In: The Paris International Agri business Show, 2017, Paris. The Paris International Agri business Show. Paris: SIMA, 2017.
- [8] UNICESUMAR. (2017). "Formação de Engenheiros Enfrenta Desafios no Brasil". Disponível em <https://www.unicesumar.edu.br/formacao-de-engenheiros-enfrenta-desafios-no-brasil/> capturado em 02/09/2018.
- [9] MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2012). "PEFI". Disponível em <http://pefi.siu.edu.ar/> capturado em 02/09/2018.

Los autores de este trabajo desean agradecer al Instituto Internacional Despertando Vocações y Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

# Experiencia “Formación de emprendedores en el ámbito educativo universitario de la UTN Facultad Regional San Rafael”

Angel Ismaél Quiles, UTN Fac. Reg. San Rafael,  
ingangelquiles@gmail.com

## RESUMEN

Esta experiencia, cuenta, acerca de una metodología desarrollada y aplicada en el marco de las actividades de la Unidad de Vinculación Tecnológica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael, la cual se trabajó, durante el periodo 2014 y 2017, con estudiantes de tercero y cuarto año de Ingeniería Industrial, donde se proponía, que éstos alumnos, al finalizar la carrera de ingeniería pudieran generar su propia fuente de trabajo a través de un emprendimiento propio.

Bajo ésta mirada, se planteó una metodología, que propone entre otras cosas evitar la conformación de estructuras armadas para fomentar el desarrollo emprendedor, como por ejemplo, pueden ser las tradicionales incubadoras de empresa y ser reemplazadas por una estrategia diferente a las mismas, y en este caso, se aplicaron, cuatro pilares complementarios:

- Organizar encuentros sistematizados
- Coordinar practicas dinámicas y participativas
- Compartir Experiencias.
- Formar un equipo de mentores interdisciplinarios y dispuestos a trabajar en tutorías personalizadas, con disponibilidad full time para los emprendedores que han decidido avanzar desde el proceso de idea proyecto al emprendimiento concretamente.

**Palabras Claves:** Emprendedorismo, ingeniería, ideas, mentores

## ABSTRACT

This experience, tells, about a methodology developed and applied in the framework of the activities of the Technological Linkage Unit of the National Technological University San Rafael Regional Faculty, which was worked, during the period 2014 and 2017, with third-year students and fourth year of Industrial Engineering, where it was proposed, that these students, at the end of the engineering career, could generate their own source of work through their own entrepreneurship.

Under this view, a methodology was proposed, which proposes, among other things, to avoid the creation of armed structures to promote entrepreneurial development, such as, for example, the traditional company incubators and be replaced by a different strategy to them, and in In this case, four complementary pillars were applied:

- Organize systematized meetings
- Coordinate dynamic and participatory practices
- Share experiences.
- Form a team of interdisciplinary mentors and willing to work in personalized tutorials, with full time availability for entrepreneurs who have decided to advance from the process of idea project to entrepreneurship specifically.

## 1. FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

Para quienes nos movemos en el mundo del emprendedurismo, lo normal, es recibir un puñado de ideas de negocios por día. En ese puñado, hay de todo: ideas buenas, pero poco desarrolladas, planes de negocios imperfectos, equipos de emprendedores débiles en algunas áreas y –en menor porcentaje–, proyectos que con un buen empujón pueden resultar en unidades de negocio.

Es importante, tener presente el perfil del “estudiante universitario habitual”, es decir, que cada persona es diferente; cada individuo es particular y tiene rasgos, carácter, talentos, características, destrezas y pensamientos que le son propios, que lo diferencian. No obstante, en un entorno común, las personas suelen tener en su manera de pensar y en sus comportamientos características similares, que permiten establecer parámetros de análisis.

Por otro lado, el perfil del docente como promotor del emprendimiento, es un factor relevante, la primera y más importante premisa que debe tener en cuenta quien desde la docencia busca promover y formar el emprendedurismo, es que la capacidad de aprender es ilimitada. Esto es fundamental, tanto desde la perspectiva del docente, como del estudiante. En este sentido, el perfil del docente promotor y formador en emprendedurismo debe conjugar tres perfiles en uno:

- Formador: Transmite saber, conocimiento y experiencia sobre el emprendimiento y la capacidad de emprender, que el estudiante aplica en su proyecto de vida.
- Facilitador: Contribuye a que el estudiante desarrolle su vocación emprendedora y sus competencias empresariales, dándole orientación o recomendación y entregándole herramientas y medios que hagan más fácil su labor.
- Promotor: Incentiva el desarrollo de trabajos y proyectos donde el estudiante aplica y pone a prueba su iniciativa empresarial.

Más allá de los conceptos asociados a la actividad emprendedora, lo esencial, es que el docente desarrolle la capacidad de construir, adaptar e implementar novedosas y efectivas metodologías para promover el emprendedurismo y formar a sus estudiantes en la iniciativa emprendedora. Esto se refiere a los “cómo” lograr ser un efectivo promotor, facilitador y formador en este campo.

Existen diversas maneras y vías de promover el emprendedurismo. A continuación se relacionan algunas, que aplicamos en nuestro proceso, pero lo ideal es innovar permanentemente y explorar sin descanso las múltiples posibilidades que puede haber.

- Metodologías para enseñar conceptos relacionados con emprendedurismo
- Metodologías para vivir el emprendedurismo y transmitir las enseñanzas de la empresarialidad
- Y metodologías para dar a conocer experiencias empresariales

## 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

A través de la implementación conjunta de estas metodologías, en diferentes eventos, pero con una mirada integradora entre los mismos, se buscaba inspirar y capacitar a los estudiantes en el proceso de definición y desarrollo de un emprendimiento como posible alternativa al futuro profesional de los alumnos.

Mediante el desarrollo de una mentalidad emprendedora y con los conocimientos y capacidades básicas necesarias para la creación de una iniciativa empresarial, la propuesta buscaba enseñar las diversas herramientas propias del proceso emprendedor aplicables al día a día de cualquier individuo.

Atentos a ésta afirmación, y poniendo en práctica algunos conceptos arriba citados, desde el año 2014, se han ido incorporando estratégicamente en diferentes programas, a efectos de materializar la teoría en la práctica.

Estas propuestas apuntaban a despertar el interés emprendedor pero, a su vez, y lo más importante a tratar de identificar a estudiantes con un marcado interés emprendedor, con el objeto, de que en el corto plazo, se transformen en verdaderas unidades de negocio.

A continuación se presentan un resumen de cada evento, y que fueron escenario donde se desarrolló ésta iniciativa. (Se detalla por año y por temática)

- **2014 ¿Por qué estudiar ingeniería? ¿qué salida laboral tengo? ¿voy a conseguir trabajo?**



Se exhibió una discusión sobre los pasos habituales que sigue un estudiante, futuro profesional, durante su carrera universitaria, y cómo desembocan estos pasos en el trabajo que más tarde va a desempeñar. Se presentaron conceptos relacionados con: los negocios, los Start-Ups, inversionistas, tecnología e innovación.

**Resultado:** La invitación se hizo abierta: Participaron ciento doce (112) estudiantes de la Facultad y otros veinticinco (25) emprendedores externos a la Facultad.

**- 2015 La nueva generación de empresarios mendocinos**

En ésta oportunidad, se buscaba promover y generar un espacio de participación para estudiantes y jóvenes graduados emprendedores, interesados en conocer el mundo empresarial local y regional.

**Resultado:** La invitación se hizo a quienes solo hicieron comentarios y aportes para mejorar el evento del año 2015. Participaron treinta (30) estudiantes de la Facultad y otros doce (12) emprendedores externos a la Facultad.

**- 2016 Café emprendedores de San Rafael**

Teniendo una base de datos y previamente, entrevistando a quienes asistieron al evento del año 2015 se los convocó a fin de trabajar íntegramente sobre sus proyectos, y se analizaron a través de herramientas dinamizadoras como modelo de negocio CANVAS.

**Resultado:** Participaron quienes estaban tratando de iniciar su emprendimiento y que venían siendo parte de éste proceso. En total asistieron veinte ocho (28) participantes entre los de la Facultad y los externos de los cuarenta y dos (42) que participaron el año anterior.

**- 2017 Date la posibilidad de ser el dueño de tus sueños y hacerlos realidad**

Teniendo un panorama más centralizado de los emprendedores que se acompañaron durante los años anteriores, se propuso, desde la UVT formalizar a éstos emprendimientos, a fin de consolidar sus ideas en negocios.

Para ello, se lograron, acuerdos, con profesionales especializados en diferentes temáticas, quienes se integraron a este proceso y se logró vincular a éstos emprendedores con Inversores Ángeles. Los profesionales que se integraron son un (1) contador, un (1) especialista en conformación jurídica de empresas y un (1) abogado, especialista en temáticas referidas a propiedad intelectual.

**3. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA**

- a- Inspirados en el contribuir con políticas de “fomento del carácter emprendedor e innovador en la comunidad universitaria”, desde la UVT, se ha consolidado un equipo de trabajo interdisciplinario para atender las necesidades de los emprendedores, no solo los pertenecientes a la Universidad sino también a la comunidad en general, siempre con un perfil profesional.
- b- Convenio con TRIBU COWORKING, a fin de compartir un espacio de para potenciar el crecimiento de los emprendedores
- c- Marcas registradas:
  - o Emprendedor 1: emprendimiento de Cerveza artesanal “marca mixta” KÜLL
  - o Emprendedor 2: Emprendimiento de ingeniería de mantenimiento de hogares “marca SOS HOGAR”
  - o Emprendedor 3: Emprendimiento de comunicación, “marca LeadFunnel MARKETING”
  - o Emprendedor 4: Bodega Boutique, marca “Argentina Radiante”
- d- Emprendimientos en marcha y que han sido impulsados por la UVT:

Emprendimiento	Detalle
SAPE Ingeniería (Graduados de la Carrera de Ing. Industrial UTN Fac. Reg. San Rafael)	Luego de recuperar y acordar con el propietario de una fábrica antigua dedicada a la producción de canastos y changos para supermercados, los emprendedores asumieron el desafío de cambiar la dirección de las actividades de la empresa al desarrollo de accesorios de aluminio para bajo mesadas a través de la apertura de un área de diseño.
Tomate deshidratado (Estudiantes avanzados de la Carrera de Ing. Industrial UTN Fac. Reg. San Rafael)	Producción de tomate deshidratado y comercialización del mismo a través de plataformas web, logrando en este sentido comercializar su producción en mercados de

	todo el país.
Desarrollo de pasturas de Alfalfa (Graduados de la Carrera Lic. En administración de Empresas UTN Fac. Reg. San Rafael)	Producción de fardos de pasto Premium, para equinos de carrera.
Empanadas "EL NOBLE" (Emprendedor externo a la UTN Fac. Reg. San Rafael)	Propietario de una franquicia de Empanadas "el Noble", radicado en San Rafael Mendoza
Cultivo de Azafrán (Emprendedor externo a la UTN Fac. Reg. San Rafael)	Producción y comercialización de bulbos de azafrán.
Bodega Boutique (Estudiantes avanzados de la Carrera de Ing. Industrial UTN Fac. Reg. San Rafael)	Comercialización de vinos individualizados para eventos. La caracterización de este emprendimiento es la comercialización personalizada, en cuanto a lo referido a embotellado, etiquetas y todo tipo de accesorios que el cliente requiera.
Aromatic (Graduados de la Carrera de Ing. Industrial UTN Fac. Reg. San Rafael)	Emprendimiento dedicado a la producción y comercialización de fragancias para locales comerciales. Dichas fragancias son el resultado de estudios de los aromas generados a partir de frutales de la región.
Alfajores OVERTON (Graduado de la Carrera de Ciencias Económicas de la UNCuyo)	Producción y comercialización de alfajores que están insertos en un mercado constituido por las bodegas más grandes de Mendoza. Sus sabores están focalizados a complementar los sabores del vino
Producción de carne porcina (Emprendedor externo a la UTN Fac. Reg. San Rafael)	De manera integrada el emprendedor ha conformado una asociación de jóvenes productores rurales, que se dedicaban a la cría y venta de porcino. Actualmente, a través de ésta propuesta han inaugurado un frigorífico propio, evitando así intermediarios y dándole en este sentido mayor rentabilidad al negocio
Emprendimiento MACONDO (Estudiantes avanzados de la Carrera de Ing. Industrial UTN Fac. Reg. San Rafael)	Su emprendimiento está dedicado a producción, plantación y comercialización de plantas KIRIS bajo invernadero automatizado

#### 4. CONCLUSIONES

Convencidos que experiencias como ésta, son caminos que conducen a la concreción real de unidades de negocio y que no sean solo un concepto, el desafío, hoy por hoy, que tenemos como UVT, es reducir estos tiempos a un cuatrimestre. Tiempo que coincide, con el del dictado de clases de la cátedra "Formación de Emprendedores", donde se buscará repetir la experiencia desarrollada entre los años 2014 y 2017, poniendo cómo foco central la generación de emprendimientos concretos.

Por otro lado, la UVT, ha proyectado en el corto plazo el desarrollo de una "Guía Básica" para los docentes promotores de emprendedores "profesionales", permitiéndoles, tener a disposición conceptos clave sobre el emprendedurismo y una ayuda permanente para trabajar con sus grupos de estudiantes. Vale decir que, no se busca, reemplazar los actuales planes de estudio, sino ser parte de un proyecto más integrador y visionario sobre el desarrollo emprendedor en la Universidad Tecnológica Nacional.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- La Empresa Creativa. Metodologías para el desarrollo de la innovación en las organizaciones. Edición 2010. Autor: Ponti, Franc
- Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo – La experiencia latinoamericana – Editoras Gabriela Dutrénit y Judith Sutz – Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC – LALICS – 2014.
-

# Participación del Observatorio Tecnológico OTEC en la formulación de proyectos PICT Start Up de la UNMdP

Morcela, Oscar Antonio; Cabut, Mercedes; Petrillo, Jorge Domingo

*Observatorio Tecnológico – OTEC, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería,  
Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Av. Juan B. Justo 4302, (7600) Mar del Plata. otec@fi.mdp.edu.ar.*

## RESUMEN

En el presente trabajo se reseñan los aportes (bajo diferentes modalidades de vinculación) del Observatorio Tecnológico - OTEC a la consolidación y formulación de proyectos PICT Start Up (convocatoria MinCyT – FONCYT), motorizados por diversos Grupos de Investigación de la UNMdP (Facultades de Cs. Exactas y Naturales e Ingeniería).

El OTEC se inscribe en la consolidación de un modelo de universidad innovadora, es decir, caracterizada por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción de un sistema local, regional y nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Su objetivo es brindar a las empresas del territorio servicios en Gestión de la Innovación Tecnológica, especialmente a las MIPYMES que caracterizan el tejido industrial regional y, además, aportar a la formación de los futuros ingenieros, promoviendo el desarrollo de su espíritu emprendedor y su vinculación con otros actores del sistema. En consecuencia, impulsa la creación de nuevas empresas de base tecnológica y de base social, como también proyectos innovadores por parte de los estudiantes, como contribución al desarrollo territorial.

Para el trabajo se consideraron cinco casos de formulación de proyectos, y se concluye que la participación del OTEC ha sido beneficiosa tanto para los Grupos de Investigación como para las acciones de vinculación y transferencia impulsadas por esta Universidad, que está dando pasos firmes en la reorganización de sus capacidades de transferencia de tecnología al entorno productivo.

**Palabras Claves:** transferencia tecnológica, *start up*, Observatorio Tecnológico - OTEC, Investigación, *spin off* universitaria.

**ABSTRACT** The following report present the contributions of the OTEC (Technological Observatory) to the creation of PICT Start Up projects. These were developed by different research teams from the UNMdP (School of Engineering and School of Exact and Natural Science) and formulated in conjunction with the Observatory.

The OTEC represents a new model of innovating university, committed to develop its territory by building a local, regional, and national system of Science, Technology, and Innovation. Its main objective is to provide innovation in technology management systems to businesses especially to MIPYMES commonly found in the area.

The OTEC is being part of a new innovative university model, characterized by its commitment to the development of its territory as a contribution to a Local, Regional and National system of Science, Technology and Innovation. Its objective is to provide companies in the territory with services in Management of Technological Innovation, especially for the MSMEs that characterize the regional industrial fabric and, in addition, contribute to the integral formation of future engineers, promoting the development of their entrepreneurial spirit and their connection with other actors in the system. Consequently, it promotes the creation of new technology-based and social impact-based companies, as well as innovative projects design by students, as a contribution to territorial development.

The analysis considered five cases of project formulation, arriving to the conclusion that the OTEC participation has been beneficial both for the Research Groups and for the linking and transfer actions promoted by this University, which is taking firm steps in the reorganization of its capacity to transfer technology to the productive environment.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las universidades tienen un propósito y una vocación universales como su propio nombre refleja y están insertas en complejos sistemas nacionales de educación superior. Sin embargo, su vinculación con las demandas y las necesidades de una región, ciudad o territorio concreto, históricamente no han sido muy evidentes. Hoy, en la sociedad se observa una demanda creciente por desarrollar una vinculación más estrecha y directa entre las instituciones de educación superior y los demás actores de la vida económica, social, cultural y tecnológica [1].

En los últimos años, las universidades líderes se han focalizado en desarrollar nuevas políticas y estrategias de Transferencia Tecnológica (TrT), incluyendo no sólo la oferta de servicios y capacitación a la industria, sino también incorporando la innovación abierta [2] a partir de mecanismos como el licenciamiento de tecnología, el desarrollo de tecnología de punta en conjunto con empresas y la generación de Empresas de Base Tecnológica (EBT) como *spin off* de unidades de investigación, migrando hacia una modalidad de universidad emprendedora, intentando establecer una estrecha relación con los actores sociales, enfatizando la transferencia de los conocimientos -fruto de la investigación- a licencias, patentes, desarrollo de productos y la creación de empresas, con el objetivo de contribuir al desarrollo industrial [3], propiciando además la construcción de ecosistemas innovadores.

Burton Clark (2000), las define como "*organizaciones muy flexibles que se insertan en su entorno al responder de manera coherente, estratégica y oportuna ante las exigencias que este les hace, sin que ello signifique una amenaza para su misión académica tradicional, es decir, pasan a ser un sujeto activo en el desarrollo territorial*". Por lo tanto, son instituciones que saben dar respuesta a los desafíos de su entorno [4].

El flujo de conocimientos se moviliza desde los centros productores (en general la academia) a los receptores (en general la industria), por diversos mecanismos, que puede ser retribuido mediante una compensación económica [5]. Entre los posibles instrumentos o mecanismos de transferencia aparecen las oficinas de vinculación y transferencia tecnológica (OVTT), las rondas de tecnonegocios, la generación de *start up* o *spin off*, el *joint venture*, las líneas de financiamiento para la creación de EBT, las incubadoras y centros de emprendedorismo, los parques tecnológicos y los estudios de prospectiva y vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Mar del Plata dispone actualmente de un Parque Industrial, y se encuentra en proyecto la creación del Polo Informático. Existen además varias instituciones que fomentan el desarrollo emprendedor, y se destaca la labor de dos Incubadoras principales (UCIP y UNMdP), todas instituciones con diverso grado de desarrollo y dinamismo [6, 7, 8].

Emprender desde la universidad tiene la ventaja de la materia prima, ya que los centros productores del conocimiento se encuentran en ella. Los casos paradigmáticos internacionales de *start up* que luego se han convertido en gigantes multinacionales han sido concebidas desde las universidades por alumnos de grado y posgrado, profesores e, incluso, estudiantes en proceso de abandono de sus estudios, como el caso de Bill Gates y Microsoft en la Universidad de Harvard; y también Google, Facebook, Snapchat o Yahoo! que son también ejemplos de este fenómeno [9]. Igualmente interesante es reconocer el impacto de este mecanismo en el desarrollo territorial, por ejemplo, la Secretaría de Educación Pública española, informa que se han creado unas 612 empresas *start up* en 2017, generando 1724 empleos [10].

De todos modos, resulta compleja la inserción de la nueva empresa en la estructura institucional, por lo que la participación de las universidades en iniciativas empresariales se está encauzando preferentemente a través de las *spin off*.

La mayoría de las *spin off* universitarias presentan muchas de las características de las *start up*, ya que se crea desde la universidad, pero sin su participación. Las incompatibilidades tanto jurídicas como de disponibilidad de tiempo no tardarán en separar el camino del emprendedor del de la universidad, o tomarán cursos de acción que vayan por la vía del licenciamiento u otro mecanismo, que permita al investigador continuar dentro de la institución [9].

La UNMdP es una institución de gestión pública, que se ubica dentro de la categoría "mediana" respecto del criterio de la SPU, y en el primer segmento de análisis respecto de producción científica y solicitud de registros de propiedad intelectual, dentro del ranking de universidades argentinas. Actualmente cuenta con 9 Facultades y una Escuela Superior. Posee además 8 Institutos (de los cuales 7 son tecnológicos) y más de 800 investigadores categorizados (Programa Nacional de Incentivos, CONICET, CIC, entre otros), de los 1763 que participan en proyectos de investigación. Las actividades de transferencia son significativas sólo en 4 facultades (aunque el 85% corresponde a la de Ingeniería) incluyendo la participación de más de 240 docentes [11].

Recientemente ha creado una Incubadora de Empresas, que es parte del resultado de más de 10 años de experiencia en desarrollo emprendedor y tiene como finalidad contribuir a la creación y desarrollo de empresas de Base Tecnológica e Industriales. Entendiendo a la innovación como motor de negocios capaces de generar impacto en el desarrollo local y regional. La Incubadora de la UNMdP surge en el marco del "Programa Acompañando Emprendedores de la Facultad de Ciencias Económicas", iniciado en el año 2004. En el año 2011 la Universidad formaliza su

vinculación con el Ministerio como ventanilla para sus líneas de financiamiento y en el 2016 concreta la iniciativa de la Incubadora, que pasa a ser un proyecto del Rectorado incluyendo a toda la Universidad. El programa tiene foco en las capacitaciones y en la asistencia a emprendedores, desde tutorías desarrolladas por docentes y alumnos avanzados de la misma Universidad o voluntarios, siendo una de las alternativas de asistencia la presentación a líneas de financiamiento. [7]. La principal fuente de recursos disponible para las actividades de incubación tiene su origen en el programa PACC, que inicia en el año 2011, con la finalidad de brindar herramientas de financiamiento a empresas nuevas y a emprendedores para la puesta en marcha o consolidación de un proyecto. El programa INCUBAR surge en el año 2013 como una iniciativa del entonces Ministerio de Industria de la Nación dentro del Programa de Acceso al Crédito y la Competitividad (PACC) coordinado por la Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional (SEPyME) y Financiado por el Banco Interamericano de desarrollo (BID). Actualmente continúa vigente (depende de la Secretaría de Emprendedores y PYMES, dentro del Ministerio de Producción de la Nación). En el marco del programa funcionaron dos herramientas de financiamiento: Fondo Semilla (anteriormente "Capital Semilla") y PAC emprendedores [7].

Si bien en su declaración de principios se incluye el fomento y creación de EBT, actualmente se encuentra principalmente abocada a la pre-incubación de proyectos con prototipos tecnológicamente validados,, y deriva los procesos de acompañamiento de nuevas iniciativas de proyecto a otras unidades de vinculación que tienen su dependencia en las distintas Facultades.

Una de ellas es el Observatorio Tecnológico – OTEC, cuya creación fue aprobada por el Ministerio de Educación de la Nación como parte del Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería II (PROMEI II-2009), siendo reconocido como Unidad Ejecutora mediante la Ordenanza del Consejo Académico (CAFI) N° 306/12. Se inscribe en la consolidación de un modelo de universidad innovadora, es decir, caracterizada por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción del sistema de ciencia, tecnología e innovación. Su objetivo es brindar a las empresas del territorio servicios en Gestión de la Innovación Tecnológica - GIT, especialmente a las PYMES que caracterizan el tejido industrial regional y, además, aportar a la formación de los futuros ingenieros, promoviendo el desarrollo de su espíritu emprendedor [12, 13, 14 y 15]. En consecuencia, impulsa la creación de nuevas empresas de base tecnológica y de base social, como también proyectos innovadores por parte de los estudiantes, como contribución al desarrollo territorial. En este caso, la principal fuente de financiamiento disponibles corresponde a los Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT) Start UP, que desde 2014 son un instrumento del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) orientado al desarrollo de nuevas competencias tecnológicas en el mercado de bienes y servicios, y se gestiona a través de la ANPCyT (MinCyT), y destinados a las instituciones argentinas, públicas o privadas, sin fines de lucro, a las que pertenecen los grupos de investigación ejecutores de los proyectos.

En el presente trabajo se reseñan los aportes del OTEC, a la consolidación y formulación de 5 proyectos tecnológicos, motorizados por diversos Grupos de Investigación de la UNMdP, y realizados por el equipo de trabajo, en el marco de trabajos finales de carrera de estudiantes y otras actividades, encuadradas en las líneas de trabajo del observatorio.

Para el análisis, se han considerado 2 trabajos finales realizados bajo la dirección de docentes del OTEC, otros 2 proyectos en los cuales los docentes han formado parte del grupo colaborador (GC), y un proyecto que se realizó bajo la modalidad de consultoría (contrato de servicio). Se presenta una breve reseña de cada caso y se analizan los aspectos principales de la experiencia, en base a la pertenencia institucional de los investigadores, la modalidad de vinculación con el OTEC, la tarea realizada, la definición de la TrT y el impacto percibido como resultado de la interacción. Para dimensionar el impacto percibido, se realizaron entrevistas personales, semiestructuradas, a los responsables de los grupos de trabajo, y se evaluaron siguiendo los criterios de las investigaciones cualitativas [16].

## 2. MARCO TEÓRICO.

La TrT se define como el movimiento de tecnología y/o conocimiento, desde una institución de ciencia y tecnología o empresa, hacia un receptor, generalmente una empresa, que adquiere la tecnología, a cambio de una contraprestación habitualmente económica [5]. Los mecanismos e instrumentos de TrT utilizados por las Universidades corresponden a acuerdos de confidencialidad, contratos de licencia, cooperación conjunta en programas de I+D+i y alianzas, acuerdos de asistencia técnica, consultoría o servicios a terceros, transferencia de personal, creación de empresas (*spin off*) y producciones bibliográficas o presentaciones en congresos [5,17].

En un contexto global en el cual la tecnología es el principal motor de ventajas competitivas, los empresarios se preocupan cada vez más por generar o al menos mantener sus capacidades de innovación. Siguiendo a Escorsa compartimos que: *La mejora de su capacidad para introducir*

*productos en el mercado con una mayor flexibilidad y rapidez son necesidades que se pueden satisfacer buscando las tecnologías adecuadas”, y en este sentido, la TrT es un mecanismo de innovación abierta que lo facilita [17].*

La competencia que se observa entre las universidades para mejorar sus fuentes de ingresos ha permitido un impulso a los mecanismos de TrT para mantener un nivel competitivo en las áreas de enseñanza, investigación, desarrollo tecnológico e innovación [3], aunque en Argentina la principal fuente de financiamiento sigue siendo el Estado. Inmersas en una economía dinámica dirigida por desarrollos disruptivos, las universidades buscan cumplir un rol como soporte regional a la industria, dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Del Águila obra interpreta en las últimas décadas una nueva generación de transferencia tecnológica, potenciada a nivel político e instrumentalizada en el fomento y la creación de empresas. Según Callagan (2001), el número de *spin off* generadas en una economía es entendido como un indicador de la habilidad del sector público de desarrollar conocimiento relevante comercialmente, de su capacidad emprendedora y de la profundidad de transferencia de conocimiento entre el sector público y privado [3]. El citado autor reconoce un aumento de los estudios de este fenómeno desde distintas miradas como la innovación abierta, los ecosistemas innovadores o desde la Universidad Emprendedora [18, 21] pero remarca la persistencia de niveles bajos de creación de empresas, licencias y patentes y de barreras culturales e institucionales.

Vale la pena dedicar unas líneas al uso de los conceptos que definen las nuevas empresas según su origen. Al respecto, Eric Ries (2012) plantea que una *start up* “es una institución humana diseñada para crear un nuevo producto o servicio bajo condiciones de extrema incertidumbre” [19], mientras que son numerosas las definiciones que se pueden encontrar del término *spin off* en la literatura. Beraza y Rodríguez (2012) observan algunos elementos comunes en el estudio que realizan sobre la conceptualización de ambos términos [20]. La OCDE define a las *spin off* como empresas creadas por investigadores del sector público; empresas emergentes que disponen de licencias de explotación de tecnologías creadas en el sector público; e incluso empresas emergentes sostenidas por una participación directa de fondos públicos, o que fueron creadas a partir de instituciones públicas de investigación [22].

También se distingue el concepto de *spin off* universitaria, con múltiples definiciones, y en algunas ocasiones confusiones con otros conceptos, como *spin off* académica, institucional, *spin out* y *start up*, que en ciertos momentos se utilizan para definir los mismos fenómenos y en otros se mencionan para distinguir fenómenos diferentes [23], aunque se observa una suerte de consenso en que una *spin off* universitaria, en sentido amplio y en un contexto de transferencia de conocimiento, debería satisfacer simultáneamente la independencia respecto de la universidad de la que ha surgido y que su objetivo es la explotación de conocimientos desarrollados por la actividad de investigación en la universidad [5, 23].

Según puede leerse en la convocatoria<sup>1</sup>, los proyectos PICT Start Up están orientados a promover la transformación de los conocimientos y habilidades acumuladas por un grupo de investigación, en nuevas competencias tecnológicas aplicables en el mercado de productos, procesos o servicios, para los cuales exista una demanda social o un mercado comprobable, por lo que se observa una correspondencia conceptual en el armado del instrumento con la definición dada de *spin off* universitaria [5]. Conceptualmente, puede interpretarse como la síntesis del modelo de desarrollo basado en alianzas estratégicas entre la universidad y los centros de I+D+i, el Estado, el sector productivo, las organizaciones de la sociedad civil (municipios, cooperativas y mutuales, sociedades de fomento, ONG, etc.), en correspondencia con el pensamiento social latinoamericano sintetizado en el Triángulo de Sabato (1968), en esencia coincidente con el modelo de la Triple hélice de Leydesdorff – Etzkowitz (1966), y que propicia el fomento de la economía productiva y apoyo al tejido empresarial territorial [24, 25].

En fase con la tendencia internacional [26], el MinCyT ha sintetizado una serie de mecanismos para la transferencia, de diverso alcance, que van desde el *joint venture* para constituir sociedades para la explotación de recursos (interacción Academia- Industria), pasando por la generación de empresas *spin off* o *start up* (interacción Academia - Estado), hasta la generación de EBT directamente a partir de la interacción en rondas de tecnonegocios (interacciones entre privados). Estas interacciones requieren una serie de dispositivos estructurales que las vinculen (OVTT, Parques Tecnológicos, Incubadoras y Centros de Emprendedorismo), y que posibiliten el acceso a una serie de servicios de información estratégica (Estudios de Prospectiva, Sistemas de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva) y recursos financieros (líneas de financiamiento estatal para el apoyo a la creación de nuevas empresas) [5].

Para tener valor comercial, una transferencia tecnológica necesita contar con los conocimientos resultantes de la investigación, como también con una oportunidad de mercado. En un contexto de asimetría de información, es poco probable la transferencia de conocimiento si los investigadores y usuarios de la investigación no tienen interacciones frecuentes con la industria [27,28]. Pensar en

---

1 <http://www.mincyt.gov.ar/convocatoria/pict-start-up-9907>

el desarrollo emprendedor implica la capacidad de entender cómo, en ausencia de mercados para próximos productos y servicios, estos mismos resultan comercializables en un futuro [29]. La organización *in-house* que cada institución determine para su OVTT dependerá del grado de centralización de su estructura. Bajo la forma de centralización por unidad académica o de investigación, la OVTT designa a un gestor tecnológico (GT) en cada departamento, instituto o facultad. La ventaja de esta estructura se encuentra en la relación estrecha que se genera entre el GT y los investigadores y sus innovaciones [5]. Este modelo es predominante en países como la Argentina, sobre todo cuando se trata de universidades públicas.

En materia de Transferencia, la UNMDP se rige por la Ordenanza de Consejo Superior N° 004/96 y su reglamentación establecida mediante la Resolución de Rector N° 3006/08. [30]. Estas normativas establecen las modalidades de contratación para las actividades de TrT distinguiendo dos tipos de contratos: Básicos y Específicos. Mientras que los primeros corresponden a actividades de asistencia técnica, servicios y capacitación de recursos humanos; los segundos implican a las actividades de innovación tecnológica y aquellas que no estén contempladas en los contratos básicos. Cabe destacar que no existen referencias ni encuadre normativo que posibilite la conformación de una *Spin off* dentro o a partir de la estructura institucional. Por el contrario, existen reglamentaciones específicas propias y de los organismos de Ciencia y Tecnología nacional y provinciales que reglamentan la propiedad intelectual de los desarrollos y conocimientos generados a partir de las actividades de los grupos de investigación, y en el marco de la ejecución de las distintas líneas de financiamiento ofrecidas [7]. Asimismo, se registra la creación de 4 empresas *spin off* en la historia de la Facultad de Ingeniería, que son reconocidos como un aporte al desarrollo local, pero no han transitado libres de controversias en su constitución, justamente a causa del vacío normativo imperante.

En los últimos años se ha observado un progresivo aumento en la participación de las actividades de innovación tecnológica revirtiendo la tendencia previa, donde la mayor participación estaba en los servicios tecnológicos [31]. Los contratos de innovación tecnológica suponen el desarrollo en conjunto de una tecnología que puede ser objeto de propiedad intelectual o industrial. Esto ha dado lugar a generar un Programa de “Fortalecimiento de las capacidades de gestión de la propiedad Intelectual y Transferencia” (licencias, patentes, *spin off*, entre otros), y la decisión de revisar la normativa interna relativa a las actividades de vinculación y transferencia, como uno de los ejes directores del proceso de autoevaluación institucional que la Universidad está llevando a cabo [11], cuyo fruto se ha visto en el año 2015, con la gestión de 8 solicitudes de patentes estando 7 de ellas relacionadas con la Facultad de Ingeniería. De esta forma se alcanzó el récord histórico de solicitudes de patente, permitiendo duplicar el número en relación a los 8 años anteriores, pasando de 6 a 14 presentaciones para el período 2006-2015 [32]. Hasta el momento ninguna de estas patentes ha avanzado hacia el licenciamiento.

### **3. PRESENTACIÓN DE LOS CASOS.**

En el presente apartado se describirán los casos de análisis, a fin de introducir en la temática, la modalidad de vinculación, el resultado de la interacción y el estado actual del proyecto. Se han omitido los detalles técnicos que pudieran comprometer los derechos de propiedad intelectual de los titulares del desarrollo (personas e instituciones), que en algunos casos se encuentran aún en proceso de presentación para el registro.

Los casos se presentan por estricto orden de aparición (considerando la fecha del primer contacto entre los investigadores y el OTEC), sin que ello signifique valoración alguna sobre la relevancia o el impacto.

#### **3.1. Desarrollo de nanopartículas para su uso como fitosanitario en cultivos intensivos y extensivos**

El Grupo de Fisiología del estrés en Plantas (GFEP) del Instituto de Investigaciones Biológicas - IIB ha desarrollado una línea de investigación abocada a obtener y caracterizar compuestos biofuncionales y naturales con la finalidad de ser aplicados como agroinsumos sustentables e innovadores. En los últimos años se ha complementado con el Grupo de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica (CoMP) del Instituto de Tecnología de Materiales - INTEMA con el objetivo de desarrollar micro-nanopartículas agentes fitosanitario preventivos. Frente a estos desarrollos aplicados, a principios del 2016, el grupo trabajó en conjunto con la Incubadora de Empresas de la UNMDP y una Becaria del OTEC en el desarrollo del estudio de Mercado para la presentación a PICT Start UP. El proyecto en particular contaba con la vinculación con una empresa del sector químico para el desarrollo de los primeros prototipos a escala de planta piloto, como también el contacto con potenciales empresas compradoras de la tecnología. El proyecto fue presentado y aprobado con financiamiento. La formulación desarrollada en conjunto con las investigadoras, permitió tener una noción más acertada de las posibilidades de introducir el producto al mercado y

los requerimientos del cliente en cuanto a costos y eficiencia. A su vez, se avanzó en el análisis de patentabilidad, teniendo una evaluación preliminar positiva. De la interacción entre el grupo de investigadores y el OTEC, surgió la posibilidad de incorporar formalmente a la Becaria como parte del equipo de trabajo.

### **3.2. Estudio de viabilidad de transferencia tecnológica para un prototipo de investigación en apósitos de hidrogeles.**

Desde el año 2013, la división de Materiales Compuestos Termoplásticos (MCT) del INTEMA, desarrolla una investigación aplicada al uso de hidrogeles como potenciales apósitos para heridas. La misma cuenta con una publicación en la revista Science and Engineering del año 2014. A fines del año 2016 los integrantes del grupo se acudieron a la Incubadora de Empresas de la UNMdP solicitando asistencia para avanzar en el desarrollo del negocio. Al estar en una etapa de idea proyecto la consulta fue derivada al OTEC. Desde el observatorio, se comenzó a desarrollar el estudio de mercado como parte de un proyecto de trabajo final de dos estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial. El trabajo tuvo como objetivo determinar la viabilidad de transferencia tecnológica del prototipo. Se estudió la posibilidad de obtener un producto de calidad comparado a los productos y tecnologías existentes.

Se evaluaron las características del producto, su posible proceso de producción; y se analizaron los distintos mecanismos de protección de propiedad intelectual a los que podría aplicar. Durante el trabajo, los estudiantes en conjunto con los investigadores desarrollaron consultas a distintos distribuidores y representantes de marcas internacionales de apósitos, lo cual les permitió determinar las barreras de entrada y requerimientos del mercado para el potencial producto.

Se encontró que resulta viable la transferencia de tecnología a una empresa en el rubro de fabricación de productos médicos que pueda aprovechar esta tecnología y ofrecer un producto de calidad a menor costo que los ya existentes, dado su carácter de fabricación nacional. Se identificaron, por lo tanto, posibles compradores de la tecnología a nivel nacional. La formulación del estudio de mercado se encuentra finalizada, por lo que se procederá a su presentación a la línea de financiamiento en el último corte de la convocatoria 2018.

### **3.3. Estudio de viabilidad de transferencia tecnológica para un prototipo de antioxidante**

Durante el año 2017 se llevó a cabo un trabajo final de carrera, de dos estudiantes de Ingeniería Industrial, que fue dirigido por dos docentes del grupo de trabajo del OTEC, con el objetivo de aportar las capacidades necesarias para la definición de negocios para un producto que a priori tenía potencial de comercialización para un segmento de la industria farmacéutica.

El grupo de investigación que desarrolló la tecnología es de Biología Comparativa en Solanáceas (BCS), perteneciente al IIB (CONICET-UNMdP).

A principios del 2017 la directora del grupo se acercó al OTEC con la intención de evaluar la presentación de un proyecto a la línea PICT Start UP. Esta investigación se estaba llevando a cabo en conjunto con el grupo de Materiales Compuestos Termoplásticos (CoMP) del INTEMA (CONICET-UNMdP).

Se acordó con los investigadores un plan de trabajo final para la determinación de la viabilidad de transferencia tecnológica, para un prototipo de investigación en compuestos de polifenoles, eventualmente aplicable a la prevención de enfermedades neurodegenerativas.

Luego de 5 meses de trabajo conjunto, lo que en un principio fue pensado como un producto médico para el Alzheimer derivó en la propuesta de un suplemento dietario con función antioxidante. Esta redefinición permitió al grupo planificar el desarrollo del prototipo en distintas etapas en función a la posibilidad de realizar la transferencia al mercado. Sin dejar de lado la visión de llegar a un medicamento, las instancias iniciales como suplemento dietario se reconocieron como factibles para que el grupo pueda financiar el proyecto y desarrollar un proceso de aprendizaje desde la interacción con la industria local. El proyecto fue presentado en el primer corte de la convocatoria 2018 del programa.

### **3.4. Estudio de mercado para un acaricida orgánico.**

A mediados del 2017 se contactan con el OTEC el grupo de investigación Centro de Investigación en Abejas Sociales – CIAS (CONICET-UNMdP) que desde el año 2007 viene trabajando en el estudio de las posibilidades de aplicación de extractos de aceites esenciales para la producción de plaguicidas naturales que permitan combatir distintas enfermedades de las colmenas. El grupo cuenta con experiencia en procesos de registro y protección de la propiedad intelectual de desarrollos y por tratarse de un grupo de trabajo con dependencia conjunta entre el CONICET y la UNMdP, cuenta con el asesoramiento de las oficinas de propiedad intelectual de ambas instituciones.



El contacto responde a la necesidad de reformular el estudio de mercado (generado por los propios investigadores) que ha sido observado en varios aspectos, en instancias de evaluación de proyectos previas. Se acuerda trabajar en conjunto e incorporar a uno de los integrantes del OTEC como parte del grupo de trabajo, y de esta manera complementar las capacidades necesarias para reformular el estudio.

Inicialmente, el estudio preveía la inserción de una formulación acaricida orgánica a base de extractos vegetales con baja probabilidad de generar resistencia en poblaciones de *Varroa destructor* y baja residualidad. Al decir de los investigadores, una colonia parasitada por *Varroa* es sinónimo de una colonia no productiva. La expectativa inicial del grupo era competir en el segmento de los acaricidas orgánicos, donde existe un proveedor local cuasi monopolístico. Luego del trabajo conjunto, se replantearon tanto la dimensión como la segmentación del mercado objetivo. Se encontró que, con el cambio de enfoque, el incremento de la rentabilidad y la velocidad de penetración proyectada en el mercado, fueron superadoras y aportaron solidez al análisis. El grupo concretó finalmente la presentación al programa, obteniendo financiamiento por el 100% presupuestado. Actualmente se encuentra en la fase de elaboración del plan de negocios correspondiente.

### **3.5. Estudio de mercado para la producción de cuajo (aplicable a quesos artesanales) a partir de desechos de la industria cervecera local.**

A finales de 2017, se solicita la colaboración del OTEC para la formulación de un PICT Start Up, específicamente la elaboración del estudio de mercado. La modalidad de interacción se formalizó mediante una orden de trabajo interna. El proyecto era desarrollado en estrecha colaboración entre el Grupo de Fitoproteasas perteneciente al IIB (CIC-UNMdP- CONICET) que estudia posibles soluciones que ayuden a resolver necesidad a nivel mundial de generar productos de origen natural para ser aplicados en tecnologías agrícolas, alimentarias y farmacéuticas, y por el grupo de Lactología Industrial - LI (INLAIN, UNL/CONICET), que en una segunda etapa, realizará el estudio de la producción de los quesos artesanales a escala de planta piloto, utilizando las técnicas estudiadas. Este proyecto posee un gran impacto, ya que actualmente en el mercado la oferta quesera artesanal se limita a productos generados a partir de cuajo de origen animal.

Inicialmente la estrategia se basaba en la extracción de los principios activos a partir del residuo cervecero y se pensaba que el cliente potencial para adoptar la tecnología sería la pujante industria cervecera local. Luego de la interacción se redefinió el producto, lo que derivó en el replanteo completo del mercado y de la estrategia de localización para la tecnología desarrollada. En el proceso, se realizaron nuevas vinculaciones y se amplió la red de actores vinculados al proyecto, extendiendo los alcances y otorgando mayor viabilidad con el nuevo enfoque. El proyecto fue presentado al primer corte de la convocatoria de 2018 del programa.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Para el análisis de los resultados de la vinculación se toman como base cinco aspectos principales, que son la pertenencia de los investigadores, la modalidad de vinculación con el OTEC, la tarea realizada, el mecanismo de TrT identificado y el impacto observado en la interacción. En la Tabla 1 se muestran los resultados globales de la experiencia.

### **4.1. Sobre la pertenencia del grupo de investigación.**

Ha quedado en evidencia que la pertenencia institucional de los grupos de investigación corresponde a Institutos Científicos y Tecnológicos vinculados a la universidad. Se observa además que la dependencia de dichos institutos es mixta y que las tecnologías desarrolladas son fruto de líneas de investigación de varios años de evolución. Asimismo, se observa que los proyectos corresponden a ciencias aplicadas, pero tienen una vinculación fuerte con grupos de investigación en ciencias básicas. Por último, se puede notar que las facultades de asiento de los Institutos y Grupos mencionados, son las unidades académicas que cuentan con la mayor cantidad de docentes investigadores, que se corresponde además con la cantidad de publicaciones y en tercera instancia, con el volumen de contratos de TrT registrados, aunque en este último caso la distribución aparece concentrada en la Facultad de Ingeniería. Se reconoce a su vez una interacción virtuosa entre grupos de ingeniería y exactas, lo que lleva a que los primeros, con mayor experiencia en TrT, compartan con sus pares las competencias adquiridas para vincularse con la industria.

### **4.2. Sobre la modalidad de vinculación con el OTEC.**

Se han observado ejemplos de las tres modalidades posibles de vinculación, en dos de los casos se incorpora algún integrante del OTEC al grupo responsable, y es en esos mismos casos donde se observa el mayor grado de avance. En uno de los casos donde la vinculación se dio mediante

los trabajos finales de grado de estudiantes, no se ha concretado aún la presentación a la convocatoria, principalmente por cuestiones de redefinición del producto que demandaron acciones y testeos adicionales previos a la presentación. Los investigadores estiman que dichos estudios permitirán fortalecer la postulación. El proyecto correspondiente al caso 5 ha sido formulado mediante un contrato de servicios, entre el OTEC y los investigadores, y aunque no se cuenta con el resultado aún, se ha podido completar la presentación.

Tabla 1: Resumen de las variables principales de análisis para los casos estudiados.

Caso	Grupo / Instituto (Dependencia)	Modalidad de vinc. con OTEC	Tarea realizada	Mecanismo de TrT identificado	Impacto de la interacción / Resultado
1	<b>GFEP / IIB</b> (CONICET-UNMDP) <b>CoMP / INTEMA</b> (CONICET-UNMDP)	Incorporación al GC	Estudio de Mercado	Licenciamiento	Ampliación de la idea de negocio / <b>Financiado 100%</b>
2	<b>MCT / INTEMA</b> (CONICET-UNMDP)	Dirección de Trabajo Final	Análisis de viabilidad, definición de producto, segmentación	Licenciamiento	Definición de Producto / <b>Pendiente de presentación</b>
3	<b>BCS / IIB</b> (CONICET-UNMDP). <b>CoMP / INTEMA</b> (CONICET-UNMDP)	Dirección de Trabajo Final	Análisis de viabilidad, redefinición de producto	Transferencia de <i>Know How</i>	Redefinición del Producto / <b>En evaluación</b>
4	<b>CIAS / FCEyN</b> (CONICET-UNMDP)	Incorporación al GC	Estudio de Mercado. Segmentación	Registro de Propiedad Intelectual	Redefinición del Segmento objetivo / <b>Financiado 100%</b>
5	<b>GF / IIB</b> (CIC-UNMDP-CONICET) <b>LI / INLAIN</b> (UNL-CONICET)	Orden de Trabajo de Transferencia	Estudio de Mercado, rediseño de producto.	Licenciamiento	Definición de mercado. Construcción de Redes / <b>En evaluación.</b>

#### 4.3. Sobre la tarea realizada para la formulación del proyecto.

El tenor de la tarea realizada guarda relación estrecha con el grado de avance del desarrollo tecnológico que se postula. En los casos donde el desarrollo se encuentra en etapa de prototipado, la tarea principal del OTEC ha tenido relación directa con las características del mercado, ya que, en la mayoría de los casos, los investigadores ya contaban con una idea avanzada respecto de los procesos de producción y la factibilidad técnica. En el caso de los desarrollos que aún se encuentran en etapas de laboratorio, se observa que la tarea fue orientada al estudio de la factibilidad y viabilidad técnica, como así también a consideraciones de mercado. Precisamente, un grado menor de desarrollo del proyecto, aporta mayor incertidumbre al momento de proyectar un mercado futuro, ya que el producto mismo aún está en etapa de definición.

#### 4.4. Sobre la definición del mecanismo de TrT.

En todos los casos se ha podido observar que las posibilidades de transferencia cumplen con los objetivos de la línea de financiamiento que se está considerando. El PICT Start Up está orientado a financiar las etapas que permitan generar los prototipos y pruebas, a fin de evaluar la factibilidad de TrT para su consecuente explotación comercial en el entorno productivo. En todos los casos se ha evaluado la patentabilidad de la tecnología desarrollada, pero sólo en dos de ellos es posible concretarla. De todos modos, se han podido definir los mecanismos de transferencia y se han cubierto tres posibilidades; licenciamiento, patentamiento y transferencia de *know how*.

#### 4.5. Sobre el impacto de la interacción.

Para evaluar el impacto de la interacción se han tomado como base los comentarios realizados por los responsables de proyecto, mediante entrevistas personales. Se observa que en todos los casos el impacto de la interacción ha sido relevante. Ha variado desde la profundización de los conocimientos que ya se tenían en el grupo de investigación, hasta la redefinición completa de la idea de negocio, redefinición de producto e incluso redefinición de mercado objetivo y segmentación.

En todos los casos se ha mencionado que la interdisciplinariedad aportó riqueza a la interacción, valorando la visión comercial (mencionado en 2 de las oportunidades) y la visión estratégica (mencionado en 4 oportunidades). Se ha mencionado también la tendencia del investigador a ser autodidacta en el aprendizaje (3 menciones) y cómo esa tendencia resulta ser un aspecto a mejorar en su propia formación (2 menciones) ya que reconocen haber demorado en la incorporación o acceso a gestores formados en negocios, limitando las posibilidades del proyecto (2 menciones).

Por último, en 3 de las entrevistas se han recabado referencias a la generación de nuevos vínculos luego de la interacción, tanto vínculos con otros actores del ámbito académicos como del sector industrial y de la cadena de suministros.

## 5. CONCLUSIONES.

Una organización que es capaz de reconfigurarse para adaptarse a las demandas del medio y del momento histórico, es una organización que aprende.

La UNMdP ha demostrado a través de su cambio de estructura, estar realizando esfuerzos para convertirse en una universidad emprendedora, dando sus primeros pasos en el estímulo a la creación de *spin off* universitarios, siguiendo las tendencias internacionales y en fase con las buenas prácticas de transferencia tecnológica impulsadas por MinCyT. Si bien la Incubadora de la UNMdP está realizando una buena labor sobre los emprendedores industriales, y mediante el OTEC canaliza los servicios de apoyo a las EBT; por una vía separada lleva adelante un programa de extensión para el acompañamiento de emprendedores, que se posiciona como un centro de emprendedorismo, pero todas estas acciones no han logrado integrarse plenamente bajo una única unidad de gestión central, integración que resultaría a priori beneficiosa, para la coordinación y sinergia de las acciones.

Desde la perspectiva territorial, la Universidad no ha logrado posicionarse como un actor estratégico para la consolidación del Parque Industrial existente, aunque ha incursionado en el proyecto de Polo Informático mediante acciones de la Facultad de Ingeniería tendientes al dictado de carreras afines, tanto de grado como de pregrado. Estas acciones son apenas incipientes, pero están dirigidas en correspondencia con el modelo emprendedor que continúa consolidándose en la institución.

La generación de EBT permite la aplicación intensiva del conocimiento generado en la academia sobre el entorno productivo. Se ha observado que las necesidades de los grupos de investigación que desarrollan tecnologías y que están en los niveles iniciales del desarrollo, se orientan a la factibilidad técnica de producción (escalado) y a la definición de producto (innovador). Por el contrario, los grupos que están en estadios más avanzados (cerca del prototipo y pruebas de concepto), han podido ya definir las características del proceso productivo y son capaces de proyectar el escalado, pero han tenido dificultades en la definición del negocio (pensamiento estratégico empresarial).

En todos los casos, la interacción multidisciplinaria ha permitido avances técnicos, pero los avances en la definición del negocio se han visto impulsados por la incorporación (independientemente de la modalidad) de gestores tecnológicos a los proyectos. La percepción de los investigadores sobre la posibilidad de conseguir las capacidades de gestión faltantes, ha estado mayoritariamente orientada a la incorporación de gestores, en desmedro del desarrollo endógeno de la competencia, por parte del investigador. La generación de redes y relaciones con actores interdisciplinarios ha aportado en todos los casos un valor agregado al proyecto, logrando resultados superadores.

Finalmente, se concluye que la participación del OTEC en la formulación de proyectos PICT Start Up ha permitido el desarrollo de capacidades en los grupos de investigación, que les han permitido complementar las potencialidades disciplinares, ampliar sus redes de contactos y, en definitiva, agregar valor a su trabajo propiciando el desarrollo productivo y social.

## 6. REFERENCIAS.

- [1] Petrillo, J.D. y Petrillo, M.I. (2010). *La Gestión de la Innovación Tecnológica (GIT) como estrategia de competitividad territorial. III Jornadas Red VITEC*. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.
- [2] Chesbrough, H. (2009). *Innovación abierta*. Plataforma Editorial, España.
- [3] Potter, J.(ed.) (2008). *Entrepreneurship and Higher Education*. OECD. Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264044104-en>
- [4] Clark, B.R. (1998). *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation, International Association of Universities and Elsevier Science, Paris and Oxford*. In B.R. Clark, "The entrepreneurial university: demand and response", Tertiary

- Education and Management (1998), Vol. 4, No. 1, pp. 5-16; and B.R. Clark, "Collegial entrepreneurialism in proactive universities: lessons from Europe", *Change* (2000), January-February, pp. 10-19.
- [5] MinCyT (2013). *Guía de buenas prácticas en gestión de la transferencia de tecnología y de la propiedad intelectual en instituciones y organismos del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación*. 1ª ed. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
  - [6] Morcela, O.A, y Petrillo, J.D. (2015). *El Pensamiento Social Latinoamericano en nuestros días: el Caso del Sector de Software y Servicios Informáticos de Mar del Plata*. XV Encuentro Nacional de Incubadoras, Parques y Polos Tecnológicos (AIPyPT) y I Encuentro Patagónico de Gestores Tecnológicos (GTec). Puerto Madryn: UNPSJB.
  - [7] Cabut, M.; Morcela, O.A, y Petrillo, J.D. (2017). "Aportes de la Ingeniería Industrial hacia una Universidad Emprendedora". X Congreso Nacional de Ingeniería Industrial. CABA: UBA.
  - [8] Petrillo, J. D. (2009). *Estrategias para la modernización del Parque Industrial Gral. Savio de Mar del Plata. Lineamientos generales*. Proyecto Final (tesis) Master Universitario en Gestión Integral de Parques Científicos y Tecnológicos. Universidad de Málaga, España.
  - [9] García Abad, G. (2017). "Por qué lanzar una startup desde la universidad". *Revista digital Hablemos de Empresas*. Disponible en: <https://hablemosdeempresas.com/pymes/startup-universidad/>
  - [10] Entrepreneur (2018). "Emprendedores universitarios crearon 612 startups en 2017". *Revista digital Entrepreneur*. Disponible en <https://www.entrepreneur.com/article/306777>
  - [11] UNMdP (2018). *Autoevaluación Institucional*. (Documento de trabajo, inédito). Mar del Plata: SIEMI-CONEAU-UNMdP.
  - [12] COTEC. (1999). *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y la innovación para empresas*. Temaguide. Fundación COTEC. España.
  - [13] COTEC. (2001). *Gestión de la innovación tecnológica en la empresa. Recomendaciones*. Fundación COTEC. España.
  - [14] Solé Parellada, F.; Santacana, F.; Rubí, M. y Vila, J. (2001). *Creación de empresas innovadoras de base tecnológica*. Fundación COTEC, España.
  - [15] Sánchez Asaín J. (2005). *La tecnología y la innovación como soporte al desarrollo*. Fundación COTEC, España.
  - [16] Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *La investigación cualitativa*. En Vasilachis de Gialdino, I. (Coord.) *Estrategias de la Investigación Cualitativa*. Barcelona: Gedisa.
  - [17] Escorsa, P.; Valls, J. (2005). *Tecnología e innovación en la empresa. Dirección y gestión*. 2º edición. Editorial Alfaomega – UPCatalunya, México.
  - [18] Del Águila Obra, A.R; Padilla Meléndez, A; Fuster Martín, E.; Lockett, N. (2017). "Universidad Emprendedora. El caso de las spin-offs universitarias ¿Nuevas teorías para los mismos obstáculos?". *Revista Economía Industrial, Nro. 404*. Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/es-ES/servicios/Documentacion/Publicaciones/Paginas/detallePublicacionPeriodica.aspx?numRev=404>
  - [19] Ries, E. (2012). *El método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Barcelona: Deusto S. A.
  - [20] Beraza, J. M., Rodríguez, A. (2012). *Conceptualización de la spin-off universitaria: revisión de la literatura*. *Revista Economía Industrial, (384), 143-152*.
  - [21] Guerrero, M.; Urbano, D.; Fayolle, A.; Klofsten, M.; Mian, S. (2016). "Entrepreneurial universities: emerging models in the new social and economic landscape". *Small Business Economics. Vol. 47, Nº 3, 2016*.
  - [22] OECD. (2015). *Introduction: The New Spin on Spin-offs*. OECD Better policies for better lives. Disponible en: <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/introductionthenewspinonspinoffs.htm>
  - [23] Gómez Zuluaga, M. E.; Botero Morales, J. C. (2016). "Startup y spinoff: una comparación desde las etapas para la creación de proyectos empresariales". *Revista Ciencias Estratégicas. Vol. 24, No. 36, julio - diciembre 2016, pp. 365-378*. Medellín - Colombia
  - [24] Cabut, M.; Morcela, O. A.; Petrillo, J. D. y Bertone, B. (2018). Caracterización de los sectores emprendedores en dos incubadoras de la ciudad de Mar del Plata. VI Jornadas de Extensión Universitaria del Mercosur. Tandil: UNICEN.
  - [25] Petrillo, J.D. (2017). Seamos protagonistas, transformemos la Universidad. Aportes para la consolidación de una universidad socialmente responsable. En "Los 50 años de la Universidad Nacional de Mar del Plata". (En prensa). Mar del Plata: EUDEM.
  - [26] González Sabater, J. (2011). *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. 2º ed. The Transfer Institute. Disponible en: [www. http://thetransferinstitute.com/es/aprendizaje/](http://thetransferinstitute.com/es/aprendizaje/).
  - [27] Jacobson, N.; Butterill, D. y Goering, P. (2004). "Organizational Factors that Influence University-Based Researchers' Engagement in Knowledge Transfer Activities". *Science*
  - [28] Landry, R; Amara, N; Ouime, M. (2007). "Determinants of knowledge transfer: evidence from Canadian university researchers in natural sciences and engineering". *The Journal of Technology Transfer. Volumen 32, Nro. 6, Página 561*

- [29] Sarasvathy, S.; Venkataraman, S. (2011). "Entrepreneurship as Method: Open Questions for an Entrepreneurial Future". *Entrepreneurship Theory and Practice*, 35(1), pp.113-135.
- [30] OCS N°004. (1996). *Contratos con terceros*. Consejo superior Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata: UNMdP.
- [31] Álvarez, F. (2016). *Estudio de la demanda tecnológica: el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata*. Trabajo final de la Especialización en Gestión de la Tecnológica y la Innovación. Facultad de Ingeniería. Mar del Plata: UNMdP.
- [32] Hernandez, A. (2016). *Las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT) en las Universidades públicas Argentinas: el caso de la Universidad Nacional de Mar del Plata*. Tesis de la carrera de postgrado Especialización en Docencia Universitaria. Mar del Plata. Disponible en: <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/172>.

# CONSULTORIO PYME CORRIENTES

Vecchi, Carlos

*Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste*  
Sargento Juan B. Cabral 2131 - 3400 - Corrientes - Argentina. [carlos.vecchi@agr.unne.edu.ar](mailto:carlos.vecchi@agr.unne.edu.ar)

## RESUMEN.

Este trabajo plantea los lineamientos generales y operativos para la puesta en marcha y el funcionamiento de un CONSULTORIO PYME para la Provincia de Corrientes. El cual se propone participar activamente en acciones que impliquen la asistencia a emprendedores y empresarios que pertenezcan o deseen ingresar del sector industrial de nuestra provincia. Participando y favoreciendo la generación de condiciones que impliquen el crecimiento y el mantenimiento en el tiempo de sus emprendimientos en forma rentable desde el punto de vista económico y sustentable en lo ambiental. Busca además lograr un involucramiento de los docentes y estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial a la realidad industrial provincial mediante acciones de asistencia técnica.

Para poder justificar la instalación del CONSULTORIO PYME, es necesario considerar lo siguiente: a) Contexto Económico y social de la provincia de Corrientes; b) Situación de las pymes industriales. Equipamiento y servicios. Oferta actual; c) Análisis de la comercialización industrial pyme provincial actual; d) Necesidades que caracterizan al emprendedor/empresario correntino; y e) El Proceso Emprendedor Empresarial y las Iniciativas Políticas.

A partir de las capacidades iniciales de la cátedra de Introducción a la Ingeniería Industrial, los servicios a ofrecer serían: Servicios de información, Servicios de intermediación, Servicios de asistencia técnica, Servicios de registro y Actividades de capacitación.

**Palabras Claves:** Emprendedor, Empresa Pyme, Industria.

## ABSTRACT

This work presents the general and operative guidelines for the launching and functioning of a CONSULTORIO PYME for the province of Corrientes. Which proposes to actively participate in actions implying the assistance entrepreneurs and business people that belong or want to participate of the industrial sector of our province. Participating and favoring the generation of conditions that imply the growing and maintaining of the time of their entrepreneurships in a profitable way from the economic and sustainable perspective in the ambient. It also wants to accomplish the involving of teachers and students of the Industrial engineering carrer to the provincial industrial reality through actions of technic assistance.

To justify the installing of CONSULTORIO PYME, it is necessary to consider the next points: a) Social and Economic context of the province of Corrientes; b) The situation of the industrial pymes. Equipment and services. Actual offer; c) Analysis of the current provincial industrial marketing pyme; d) The needs that characterize a Correntinian entrepreneur/businessman; and e) The business process and Initiative Policies.

As of the starting capacities of the professorship of Introduction to the Industrial Engineering, the services to offer would be: Information, intermediation, technical assistance, register and training.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para poder justificar la instalación del CONSULTORIO PYME de la provincia de Corrientes, es necesario considerar la siguiente información: a) Contexto Económico y social de la provincia de Corrientes [1]; b) Situación de las pymes industriales. Equipamiento y servicios. Oferta actual [2]; c) Análisis de la comercialización industrial pyme provincial actual [1]; d) Necesidades que caracterizan al emprendedor/empresario [3]; y e) El Proceso Emprendedor Empresarial y las Iniciativas Políticas [3].

### 1.1. Antecedentes.

De los distintos antecedentes debemos rescatar:

- Corrientes, es una de las provincias argentinas, que aún posee los peores valores en los indicadores de situación económica y social.
- En Corrientes, aún se presenta una alta dependencia del empleo público como alternativa laboral.
- La necesidad de los emprendedores industriales de asistencia y acompañamiento técnico.
- La necesidad de instituciones de apoyo a nuevos emprendimientos en la provincia.
- El número creciente de interesados en participar en actividades y servicios comerciales vinculados a la industria.
- La existencia de un marco analítico, que nos permite encuadrar las propuestas de acción para un servicio de asistencia específica para pymes considerando la dinámica y fertilidad del proceso de creación y muerte de empresas (en nuestro caso industriales), tanto en términos cuantitativos como en la consideración de su perfil de dinamismo.

### 1.2. El Proceso Emprendedor Empresarial.

Resulta imprescindible el reconocimiento de las condiciones necesarias para surgimiento y consolidación de emprendedores y proyectos empresariales. Es por ello por lo que se estableció como referencia para este proyecto la definición del Sistema de Desarrollo Emprendedor (SDE) pues permite identificar el conjunto de elementos y factores que contribuyen u obstaculizan el nacimiento y desarrollo de emprendedores y de empresas [3].

En este enfoque sistémico, el proceso emprendedor se esquematiza en tres etapas en las cuales se analizan distintos eventos, cuyas «salidas» (output) son el nacimiento de emprendedores y el nacimiento de las empresas.

Estas etapas son: la gestación del proyecto empresario, el lanzamiento de la empresa y su desarrollo inicial (Figura 1).

FIGURA 1: ESQUEMA DEL SISTEMA DE DESARROLLO EMPRENDEDOR (SDE)



Figura 1 Esquema del sistema de Desarrollo Emprendedor [4].

#### 1.2.1. Gestación.

Comienza con la motivación para emprender e incluye, además, la formación de las competencias empresariales, la identificación de la idea de negocio y la elaboración del proyecto.

### **1.2.2. Lanzamiento de la empresa.**

La elaboración del proyecto da paso a la decisión de emprender, y el eje central de actividades se concentra en el acceso a los recursos y su organización. Esta comienza a relacionarse comercialmente con su entorno inmediato: adquiere partes y piezas, alquila instalaciones, paga intereses, salarios e impuestos y para sostener esos gastos, vende productos y servicios.

### **1.2.3. Desarrollo inicial.**

Luego de la formación de la empresa, una gran parte de estas mantienen su tamaño inicial. Otras, un pequeño grupo, ingresan en una trayectoria de mayor crecimiento, que brinda un porcentaje significativo de puestos de trabajos y ventas. Algunas dejan de operar poco después de su iniciación, lo que permite que los recursos que utilizaron (capital, instalaciones y equipos, mano de obra y conocimientos gerenciales) se transfieran a otros usos. Aquí el emprendedor y sus colaboradores deben confrontar el proyecto con la realidad. Buena parte de los emprendimientos no consiguen superar esta fase.

### **1.3. Factores y su incidencia.**

Sobre el proceso emprendedor y sus eventos inciden distintos factores que están interrelacionados entre sí, estos factores pueden agruparse, en forma simplificada, en las siguientes grandes categorías:

#### **1.3.1. Condiciones socioeconómicas generales.**

Este factor agrupa aquellos aspectos vinculados con la estructura y dinámica socioeconómica que influyen sobre el proceso emprendedor. Elementos por considerar son el nivel de ingresos de la población y su perfil de consumo. Participan, además, variables macroeconómicas, tales como la tasa de crecimiento del PBI, los precios relativos o la tasa de inflación.

#### **1.3.2. Ambiente cultural y sistema educativo.**

Aspectos culturales tales como la valoración social del emprendedor, las actitudes frente al riesgo de fracasar y la presencia de modelos de rol constituyen factores culturales que inciden sobre la formación de vocaciones para emprender. Asimismo, el sistema educativo (en sus diferentes niveles) influye sobre la cultura y sobre la formación de vocaciones y competencias para emprender de la población estudiantil.

#### **1.3.3. Estructura y dinámica del sistema productivo.**

La estructura productiva, su perfil sectorial, regional y según tamaño de empresa inciden sobre la experiencia laboral de las personas, su acceso al conocimiento técnico y a las redes de relaciones necesarias para el emprendimiento. Se destaca el rol de las empresas como referencia / incubadoras de nuevas firmas. A su vez, la concentración regional de la industria puede ser generadora de áreas con culturas más proclives a la empresarialidad y con mayor presencia de modelos de rol. Por último, la tasa de crecimiento de los distintos sectores / mercados y la magnitud de las barreras a la entrada existentes, también influyen, principalmente en el volumen y la calidad de las oportunidades para iniciar nuevas empresas y en la formación de competencias de los potenciales emprendedores.

#### **1.3.4. Stock de competencias emprendedoras (aspectos personales).**

Esta categoría se refiere a la disponibilidad de competencias para emprender en la población (propensión a asumir riesgos, tolerancia al trabajo duro, búsqueda de lucro, capacidad de control, capacidad de organización, flexibilidad, vitalidad, habilidades sociales). Por definición, el stock de competencias incide sobre todos los eventos del proceso emprendedor. Este factor está influido a su vez por otros factores tales como la cultura y el sistema educativo, por ejemplo, o el perfil de las mismas empresas, cuyas características inciden en la formación de vocaciones y competencias para emprender.

#### **1.3.5. Redes y capital social.**

Esta categoría se refiere a capacidad del emprendedor de establecer vínculos y contactos con otras personas, empresas y/o instituciones. La importancia de este factor para el desarrollo emprendedor es reconocida en su rol en la identificación de oportunidades y la movilización de recursos para emprender, y en el apoyo a la gestión.

#### **1.3.6. Condiciones de los mercados de factores.**

Considera el acceso a los recursos financieros; la disponibilidad de trabajadores calificados; la oferta de servicios profesionales (contadores, consultores, etc.); el funcionamiento de los mercados de abastecimiento de materias primas y proveedores de materiales; las condiciones de la infraestructura, incluyendo la red vial, las telecomunicaciones, etc. Un adecuado funcionamiento



de estos mercados es muy importante tanto para el lanzamiento de la empresa como para el desarrollo temprano de la firma.

### **1.3.7. Factores regulatorios.**

Esta categoría incluye el conjunto de normas y políticas públicas que inciden sobre el ambiente económico y, en particular, en la creación de empresas (impuestos, normativa de registración, de acceso a los mercados, etc.). En un sentido amplio, las regulaciones pueden afectar directa o indirectamente al conjunto de los demás factores (política educativa, industrial, de competencia, mercado de factores, etc.). Desde esta óptica, el proceso emprendedor está inserto en contextos regulatorios que inciden sobre la formación de competencias, la existencia y acceso a las oportunidades de negocio, a los recursos y a la formalización de la empresa.

## **2. PROPUESTA DE SERVICIOS.**

### **2.1. Objetivo General del CONSULTORIO PYME.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste tendrá el objetivo de promover el fortalecimiento de la capacidad industrial pyme provincial mediante acciones y actividades de asistencia técnica específica; participando de programas de estímulo y consolidación al desarrollo industrial provincial; estimulando mecanismos o herramientas de articulación de los componentes del espacio emprendedor industrial, desde una visión regional e integradora para la mejora competitiva, favoreciendo el desarrollo sustentable y orientando con sentido estratégico las inversiones para el sector.

### **2.2. Localización.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste estará localizado dentro de las instalaciones que Facultad de Ciencias Agrarias posee en el predio Cabral de la ciudad de Corrientes.

### **2.3. Destinatarios.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste destinará sus actividades a empresarios existentes y nuevos emprendedores del sector industrial de la provincia de Corrientes.

### **2.4. Organización**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste se constituirá inicialmente con la participación y el aporte de los profesores integrantes de la Cátedra de Ingeniería Industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste. Luego se pueden ir incorporando docentes de otras cátedras de esta carrera.

Los gastos de funcionamiento operativos y de traslados serán financiados por proyecto de extensión dentro del Programa "Universidad en el Medio" dentro de los lineamientos presupuestarios que este programa dispone [5]. Los tiempos docentes se contemplan incorporados dentro de las acciones de extensión y/o investigación que cada profesor dispone.

### **2.5. Vinculaciones.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste establecerá vínculos (formales e informales) con organizaciones, instituciones, organismos y toda entidad del ecosistema emprendedor empresario que posea influencia y/o presencia en la provincia de Corrientes, y con las que encuentre objetivos directos y/o complementarios comunes.

Se estable prioritario establecer contacto con:

- Subsecretaría de Industria de la provincia de Corrientes.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Delegación Corrientes)
- Instituto de Fomento Empresarial de la Provincia de Corrientes.
- Programa Emprendedores Somos Todos. Dirección de Comercio. Ministerio de Industria de la provincia de Corrientes.

### **2.6. Servicios.**

Por sus características podemos el CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste ofrecerá a los emprendedores industriales de la provincia:

- Servicios de información.
- Servicios de vinculación.
- Servicios de asistencia técnica.
- Servicios de registro

- Actividades de capacitación.

Los servicios indicados deben atender las tres etapas descritas del SDE [3]: a) Etapa1: La gestación del proyecto empresario; b) Etapa 2: El lanzamiento de la empresa; y c) Etapa 3: Desarrollo inicial de la empresa (emprendimiento).

Resulta claro que existe una estrecha relación entre los servicios detallados, siendo necesario destacar que, para el éxito en la ejecución de cada uno de estos, se precisa un desarrollo complementario efectivo y sinérgico de cada uno de los otros indicados.

Estos servicios, interrelacionados entre sí, incidirán sobre el proceso emprendedor (de cada emprendedor y su empresa) desarrollando eventos dentro de cada una de sus etapas, destacando:

- a) Etapa de Gestación:
  - Actividades de sensibilización con la motivación para emprender,
  - capacitación y formación de competencias empresariales,
  - información y asistencia para la identificación de la idea de negocio, y
  - entrenamiento y asistencia en la elaboración del proyecto.
- b) Etapa de Lanzamiento de la empresa:
  - Intermediación para el acceso y organización de los recursos necesarios para el start up,
  - formación y asistencia para el lanzamiento de la empresa,
  - desarrollo de capital social, y
  - registro de actividades y publicidad de estas.
- c) Etapa de Desarrollo inicial:
  - Asistencia técnica y formación para aspectos administrativos, económicos financieros y de producción,
  - asistencia y seguimiento del proyecto, y
  - asistencia en la formación de capital social.

### **2.6.1. Objetivos de los Servicios**

Los objetivos específicos por alcanzar son:

- Crear el "entorno territorial innovador" adecuado para adaptar procesos productivos y empresas ya existentes a los cambios de mercado y tecnológicos dentro del sector industrial.
- Propiciar la aparición de nuevas empresas innovadoras y prestar servicios a las PYME y microempresas dentro del sector industrial.
- Facilitar el desarrollo de la infraestructura necesaria en la región o los municipios de la provincia de Corrientes.

### **2.6.2. Servicio de información**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste permitirá la atención permanente de sus destinatarios brindando información específica sobre aspectos sustantivos de la actividad empresarial como ser:

- Asistencia institucional a proyectos y servicios.
- Capacitaciones, entrenamientos y otras actividades del CONSULTORIO y otras instituciones
- Detalles de Economía local y regional.
- Nuevas tecnologías de productos o procesos.
- Herramientas de Gestión empresarial y tecnológica.
- Mercados y comercialización.
- Ferias y exposiciones de interés.
- Formas de publicar anuncios en periódicos, revistas especializadas o de difusión general.
- Otros temas de interés.

Estos servicios de información se brindarán a través de ventanilla de atención personalizada para emprendedores y empresarios ubicada en las oficinas del CONSULTORIO.

También se facilitará el acceso a bases de datos, folletos, revistas y publicaciones periódicas u ocasionales, que el CONSULTORIO y otros editen.

Los emprendedores o empresarios que se acercan a consultar deben dejar registrados los siguientes datos: 1) Nombre y apellido; 2) Localidad; 3) Nombre del emprendimiento y su grado de avance; 4) Producto/Servicio que ofrece 5) Motivo de la consulta (necesidades actuales y/o futuras). Esta información alimentará las bases de datos propias, tal como se indica en el Servicio de Registro, lo cual permitirá ajustar tareas del CONSULTORIO de acuerdo con requerimientos y se encuentran dentro de la evaluación de los Factores y los Aspectos de la Guía para la Implementación del Sistema de Gestión de Calidad para organismos Públicos-Modelo PNC del Premio Nacional a la Calidad.

Responsables del servicio: docentes participantes del CONSULTORIO.

Recursos Necesarios: Equipamiento disponible en Facultad, acceso a Internet, revistas especializadas, estadísticas provinciales y nacionales del sector industrial provincial.

Lugar y momento de ejecución del servicio: Área de atención a emprendedores y empresas en el horario de atención del CONSULTORIO.

Indicadores de Gestión del Servicio: Cantidad de emprendedores atendidos en el mes; y encuestas de satisfacción.

### **2.6.3. Servicios de Vinculación.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste facilitará el desarrollo de vínculos entre sus destinatarios y también de estos con organizaciones públicas o privadas. La gestión de vincular se realiza con el fin de posibilitar inversiones, aportes de capital o de tecnologías de gestión o de producto. Estos vínculos permiten al CONSULTORIO potenciar su accionar y enfocarse en servicios específicos para el emprendedor industrial correntino, lo que permite que no se dupliquen esfuerzos y recursos económicos.

Se pone especial interés en la generación de vínculos con:

- IFE. Instituto de Fomento Empresarial de Corrientes
- Subsecretaría de Industria. Ministerio de Industria, Trabajo y Comercio de Corrientes
- Programa Emprendedores Somos Todos. Dirección de Comercio. Ministerio de Industria, Trabajo y Comercio de Corrientes.
- Academia Argentina Emprende. Dirección de Capacidades Productiva. SEPyME. Ministerio de Producción. Presidencia de la Nación.
- Banco de Corrientes.

Responsables del servicio: docentes participantes del CONSULTORIO.

Recursos Necesarios: Equipamiento disponible en Facultad. Acceso a Internet.

Lugar y momento de ejecución del servicio: Área de atención a emprendedores y empresas en el horario de atención del CONSULTORIO.

Indicadores de Gestión del Servicio: Cantidad de emprendedores atendidos y vinculados en el mes; y encuestas de satisfacción.

### **2.6.4. Servicios de Asistencia Técnica.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste brindará a sus destinatarios asesoramiento (entre otros temas generales) en:

- Mejora de procesos industriales,
- Mejora en diseño.
- Mejora de productividad
- Materia de gestión fiscal, financiera, contable y presupuestaria,
- Comercialización,
- Planificación empresarial;
- Asuntos legales, organizativos y técnicos;
- Mejoras del control de calidad e introducción de nuevas tecnologías de producto y proceso.
- Otros de interés.

El desarrollar estos servicios de asesoramiento implica que se supera claramente los tiempos y la dedicación del Servicio de Información, además que deben ser ejecutados por especialistas en las temáticas indicadas.

Responsables del servicio: docentes participantes del CONSULTORIO.

Recursos Necesarios: Equipamiento disponible en Facultad. Acceso a Internet: Bibliografía. Revistas especializadas, estadísticas provinciales y nacionales del sector industrial provincial.

Lugar y momento de ejecución del servicio: Área de atención a emprendedores y empresas en el horario de atención del CONSULTORIO.

Indicadores de Gestión del Servicio: Cantidad de emprendedores atendidos y con resultados positivos alcanzados en el mes; y encuestas de satisfacción.

### **2.6.5. Servicios de registro.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste atenderá en forma permanente al empresario turístico cuyo emprendimiento se encuentre en marcha (independientemente del grado de avance) tomando registro de información específica sobre los aspectos sustantivos de la actividad industrial que desarrolla u busca desarrollar

La información obtenida permitirá:

- Identificación y localización de empresas y emprendedores.
- Tomar nota de las necesidades existentes en el sector.

- Ajustar actividades y servicios de acuerdo requerimientos.
- Realizar acciones de comunicación y retroalimentación con el emprendedor y su empresa.
- Al empresario, la recepción de información y novedades.

Responsables del servicio: docentes participantes del CONSULTORIO.

Recursos Necesarios: Equipamiento disponible en Facultad. Acceso a Internet.

Lugar y momento de ejecución del servicio: Área de atención a emprendedores y empresas en el horario de atención del CONSULTORIO.

Indicadores de Gestión del Servicio: Cantidad de emprendedores atendidos y con resultados positivos alcanzados en el mes; y encuestas de satisfacción.

### **2.6.6. Actividades de Capacitación.**

El CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste organizará actividades de capacitación para sus destinatarios de manera individual o de forma conjunta con otras instituciones y/u organizaciones.

Permitiendo no solo un uso eficiente de escasos recursos del CONSULTORIO, si no que un enriquecimiento en las perspectivas de abordaje de los temas a tratar

Los Servicios de Capacitación se desarrollan con el objeto de:

- Sensibilizar a la comunidad en general sobre la importancia de emprender y las pymes industriales.
- Estimular la identificación de oportunidades dentro del negocio industrial.
- Informar o capacitar a los emprendedores nacientes o a los ya establecidos en las actividades principales para el desenvolvimiento de su empresa.
- Poseer personas entrenadas en técnicas relativas al manejo de empresas.

Las capacitaciones están destinadas entonces a: personas interesadas en conocer las características del sector, estudiantes universitarios, empresarios industriales y otros involucrados directa e indirectamente a la actividad.

Las capacitaciones deben facilitar eventos dentro del proceso emprendedor que se desarrolla en las personas, con una fuerte orientación a que se facilite la etapa de Gestión de Emprendimientos, colaborando así en la conformación de una masa crítica de interesados en llevar adelante emprendimientos industriales en la provincia de Corrientes.

Los cursos que se establecieron en principio son:

- Gestión de la Actitud.
- Logística
- Gestión de inventarios
- Gestión de la calidad.
- Desarrollo de ideas de negocio
- Proyectos industriales
- Herramientas para la mejora de la productividad.

Personal Involucrado: Docentes y capacitadores aportados por las instituciones vinculadas y coorganizadoras.

Recursos Necesarios: Equipamiento del CONSULTORIO.

Lugar y momento de ejecución de la actividad: Las capacitaciones pertenecientes se ejecutarán de acuerdo con cronograma a establecer y en sitios a definir (Capital e Interior). Debe verificarse la disponibilidad de salones adecuados (considerando capacidad, iluminación, recursos diversos) en aquellos sitios seleccionados.

Indicadores de Gestión del Servicio: a) Cantidad de capacitaciones realizadas (en período de tiempo de referencia); b) Cantidad de participantes de cada curso y total (en período de tiempo de referencia); c) Relación gastos de realización de las capacitaciones sobre cantidad de participantes; d) Cantidad de interesados en los servicios del CONSULTORIO motivados por la capacitación (en período de tiempo de referencia); y e) Encuesta con evaluación de la capacitación.

### **3. CONCLUSIONES.**

Considerando la propuesta presentada y las experiencias pasadas [6], no existen dudas que las acciones a desarrollar por el CONSULTORIO PYME de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste pueden influir en el sistema y en el proceso empresarial de diversas maneras, pudiendo así:

- Alentar la gestación con acciones que estimulan a los individuos a que inicien un proceso de estudio de oportunidades de negocio.
- Facilitar indirectamente la puesta en marcha de nuevos emprendimientos, con acciones que promuevan el capital humano del emprendedor.
- Facilitar directamente la puesta en marcha de nuevos emprendimientos, con acciones de asistencia específica.

- Facilitar el desarrollo inicial, con la ejecución de esfuerzos especializados para ayudar a las nuevas empresas luego de su iniciación. Esto puede tomar la forma de una asesoría, provisión de recursos o acceso a redes, incubación y otros.

Actuando además como elemento que potencie la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste para su consolidación dentro del sistema universitario del norte argentino.

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Secretaría de Hacienda. Dirección Nacional de Asuntos Provinciales. Corrientes. Informe Sintético de Caracterización Socio-Productiva. Recuperado de:  
<http://www2.mecon.gov.ar/hacienda/dinrep/Informes/archivos/corrientes.pdf>.
- [2] Subsecretaría de Industria de Corrientes. Industria en cifras. (Septiembre 2017). Recuperado de:  
<http://www.industriacorrientes.gob.ar/indus/wp-content/uploads/2018/03/Industria-en-cifras-septiembre-2017-1.pdf>
- [3] Kantis, Hugo. (2004) Desarrollo emprendedor: América Latina y la experiencia internacional. Capítulo 1. Un enfoque sistémico de la creación de empresas. Recuperado de:  
<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/442/Desarrollo%20emprendedor.pdf?sequence>
- [4] Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) (2003). Estudio en el área del desarrollo empresarial en la republica argentina la creación de empresas en la argentina y su entorno institucional. Informe Final. Recuperado de:  
<http://www.littec.ungs.edu.ar/pdfespa%F1ol/DesarrolloEmpresarial.pdf>
- [5] UNNE. Programa Universidad en el Medio. Recuperado de:  
<http://www.unne.edu.ar/conectando/programas-de-extension/universidad-en-el-medio>
- [6] Angelelli, Pablo Javier. Llisterri, Juan José (2003). El BID y la promoción de la empresarialidad: Lecciones aprendidas y recomendaciones para nuevos programas. Recuperado de:  
<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5033/EI%20BID%20y%20la%20promoci%C3%B3n%20de%20la%20empresarialidad%3a%20lecciones%20aprendidas%20y%20recomendaciones%20para%20nuevos%20programas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

#### Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer a Valeria por todo.

# Diagnóstico Automático de Diente Quebrado en Engranajes Basado en la Corriente del Motor de Inducción y Entropía Wavelet

Sena, Alexander Patrick Chaves

*Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Pernambuco.  
Camino del Alto del Moura, KM 3,8, s/n - Distrito Industrial III, Caruaru, Pernambuco, Brasil,  
55040-120. alexander.sena@caruaru.ifpe.edu.br.*

## RESUMEN.

En este trabajo se propone una estrategia para detectar averías en una transmisión por engranajes utilizando señales de corriente eléctrica medidos en los terminales de un motor de inducción. La avería de diente roto se caracteriza por cambios en conjuntos específicos de frecuencias que están relacionados con las revoluciones del motor y del funcionamiento de los engranajes. La descomposición de las señales a partir de la Transformada Wavelet Packet (WPT) hizo posible la evaluación de las bandas de frecuencias características de la avería por el análisis espectral y el cálculo de la entropía. En la primera etapa se utilizaron los patrones espectrales de vibración para constatación y comparación de los efectos causados por las averías en los espectros de la corriente del estator representada por la técnica del Extended Vector Approach (EPVA). La proposición de patrones de entropía de detalles wavelet se presentó como fuente de información confiable de las limitaciones del análisis espectral. En la segunda etapa los patrones de entropía fueron utilizados como entradas de un algoritmo para el diagnóstico automático de la avería, confirmando la eficiencia de la estrategia como técnica alternativa al análisis de la vibración. El conjunto electromecánico fue accionado directo de la red eléctrica (60Hz) y por inversor de frecuencia a 20Hz y 60Hz (con carga) con el objetivo de evaluar la sensibilidad de la estrategia en bajas y altas revoluciones.

**Palabras Claves:** engranajes, diente quebrado, motor de inducción, entropía wavelet, diagnóstico.

## ABSTRACT

In this work, a strategy for the detection of faults in a gear transmission is proposed using current signals measured at the terminals of an induction motor. Broken tooth malfunction is characterized by changes in specific sets of frequencies that are related to engine rotations and gears operation. The decomposition of the signals from the Wavelet Packet Transform (WPT) made it possible to evaluate the frequency bands characteristic of the fault by the spectral analysis and the calculation of the entropy. In the first step, the spectral vibration patterns were used to verify and compare the effects caused by the faults in the stator current spectra represented by the Extended Vector Approach (EPVA) technique. The proposition of wavelet detail entropy patterns was presented as a reliable source of the limitations of spectral analysis. In the second step the entropy patterns were used as inputs to an algorithm for the automatic fault diagnosis, confirming the efficiency of the strategy as an alternative technique to the vibration analysis. The electromechanical set was driven directly from the network (60Hz) and by frequency inverter at 20Hz and 60Hz (with load) in order to evaluate the sensitivity of the strategy at low and high rotations.

## 1. INTRODUCCIÓN

La reducción de costos de operación y mantenimiento puede tener un impacto significativo en la productividad industrial [1]. Para la industria, evitar la paralización de la producción por fallo en equipos, significa un mayor índice de disponibilidad, además de la reducción en los costos de mantenimiento [2].

La vibración es el método más utilizado para predicción de averías en elementos mecánicos [3]. Sin embargo, el lugar de instalación del acelerómetro puede ocasionar la imposibilidad de captar la señal con claridad, dificultades para la distinción de efectos cuando hay varias fuentes de vibraciones. La presencia de diversas fuentes oscilatorias originan complejas combinaciones de frecuencias y modulaciones. También puede ocurrir la imposibilidad de la instalación del sensor (ubicaciones inaccesibles, agentes contaminantes al sensor, riesgo de seguridad al sensor o instalador, entre otros factores). Una estrategia que surgió como alternativa al análisis de la vibración para detectar averías en engranajes, explora la capacidad intrínseca de motores y generadores eléctricos de actuar como transductores [4].

El análisis de variables extraídas de motores eléctricos constituye un conjunto de técnicas con extenso potencial de detección, pudiendo identificar problemas en la alimentación, en el propio motor, en la transmisión y en la carga acoplada [4]. Esta estrategia es particularmente útil en situaciones donde los métodos usuales como la instalación de acelerómetros son inadecuados o inviables [5]. Una avería en el engranaje como un desgaste superficial, produce una vibración torsional en el conjugado de carga, provocando cambios de interacción en el flujo entre el estator y el rotor, resultando en cambios en la corriente del estator [5]. La utilización de la transformación de Park para el procesamiento de señales de corriente, en la técnica denominada Extended Vector Approach (EPVA), ha propiciado una detección precisa, buena visualización de patrones [4], y excelente repetibilidad en las mediciones bajo una misma condición de funcionamiento [6].

Kar y Mohanty presentaron resultados experimentales comparativos de los análisis de las señales de vibración y corriente, aplicadas a la detección de diente quebrado en una caja automotriz multi-etapas acoplada a un motor de inducción trifásico (MIT) conforme a [8]. La estrategia de los autores es observar posibles cambios en la región de la frecuencia de engranaje para diferenciar el diente quebrado de otros malos comportamientos en el conjunto electromecánico (desequilibrio, por ejemplo) que se presentan como alteraciones en las bandas laterales de la frecuencia de alimentación. En la investigación, la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) presentó buena representatividad del efecto de excentricidad en las bandas laterales de la frecuencia de alimentación, sin embargo se observaron bajas magnitudes (nivel de ruido) de las frecuencias características de la avería (efecto holgazán) en la región del engranaje. La aplicación de la FFT en los detalles de una descomposición wavelet de Daubechies proporcionó una pequeña mejora en la visualización de la región de engranaje. El análisis de energía de los detalles de la Transformada Wavelet Discreta (DWT, del inglés Discrete Wavelet Transform) por medio de escalogramas, se presentó de forma eficiente los cambios en la región.

En [9] se presentan los resultados experimentales utilizando señales de vibración y corriente analizadas por la DWT en comparación a la Transformada de Fourier con Multi-Resolución (MFT). La estrategia se ha propuesto de forma específica a bandas de frecuencias para distinguir las averías introducidas debido a uno y dos dientes quebrados en una caja automotriz multi-etapas sometida a la flotación de cargas en tres condiciones.

En [10] los autores presentaron un método de diagnóstico basado en la utilización de la DWT para el análisis de la potencia instantánea total de un MIT para detección de dientes quebrados en una caja de reducción. La DWT, basada en la segunda Daubechies (db2), se utilizó para descomponer los datos de la potencia instantánea del motor. Los coeficientes wavelet fueron analizados estadísticamente por la desviación estándar y trazados para el estado saludable y para las condiciones de defecto, observándose los cambios en los niveles de energía.

## 2. FUNDAMENTO

### 2.1. Análisis de la corriente eléctrica del motor.

La Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA) clasifica 20 modalidades de averías en engranajes en diversas categorías. Sin embargo, las categorías básicas serían: sobrecarga, fatiga por flexión en la raíz del diente, fatiga de contacto (o hertziana), desgaste (abrasión, adhesión, cavitación, etc.) y scuffing [11].

Según [12] la fatiga es responsable por noventa por ciento, o más, de las averías por causas mecánicas. Según [13], la fatiga de contacto es la gran responsable por roturas en engranajes industriales. Sin embargo, en [14] se defiende que el modo de falla más común en engranajes es la fatiga de flexión. [15] aclara que en realidad esta dicotomía ocurre debido a la frecuencia de fallo estar relacionada

con los criterios de cálculo y los factores de seguridad utilizados que favorecen sólo uno de los tipos de fatiga. El proceso de como una avería en el mecanismo acoplado a un motor eléctrico puede ser monitoreado por medio del análisis de las firmas de las señales de corriente puede ser representado en la Figura 1.

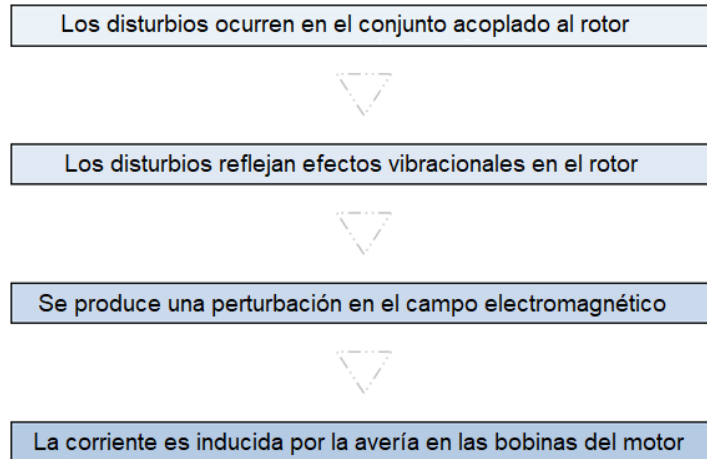


Figura 1 El proceso por el cual un disturbio mecánico en la carga refleja en los componentes de corriente de un motor eléctrico.

[16] sugieren el conjunto de frecuencias que pueden surgir debido a un fallo en el análisis de la corriente eléctrica de compromiso estator en la ecuación (1).

$$\begin{aligned}
 f_{BL_{pin}} &= f_{alim} \pm m \cdot f_{pin} \\
 f_{BL_{cor}} &= f_{alim} \pm n \cdot f_{cor} \\
 f_{BL_{pin/cor}} &= f_{alim} \pm m \cdot f_{pin} \pm n \cdot f_{cor} \\
 f_{BL_{eng}} &= f_{alim} \pm q \cdot f_{eng} \\
 f_{BL_{pin/eng}} &= f_{alim} \pm m \cdot f_{pin} \pm q \cdot f_{eng} \\
 f_{BL_{cor/eng}} &= f_{alim} \pm n \cdot f_{cor} \pm q \cdot f_{eng} \\
 f_{BL_{pin/cor/eng}} &= f_{alim} \pm m \cdot f_{pin} \pm n \cdot f_{cor} \pm q \cdot f_{eng}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde  $f_{alim}$  es la frecuencia de alimentación del motor en Hz;  $m$ ,  $n$  y  $q$  son los órdenes de los armónicos ( $m$ ,  $n$  y  $q = 1, 2, 3, \dots$ );  $f_{pin}$  es la velocidad rotórica de la rueda dentada motora en Hz;  $f_{cor}$  es la velocidad rotórica de la rueda dentada movida en Hz y  $f_{eng}$  es la frecuencia de funcionamiento de los engrajes obtenidos por la frecuencia de rotación de una determinada rueda dentada multiplicada por su número de dientes ( $Z$ ), es decir,  $f_{eng} = f_{pin} \times Z_{pin} = f_{cor} \times Z_{cor}$ .

## 2.2. Extend Park's Vector Approach (EPVA).

En la técnica denominada Extend Park's Vector Approach (EPVA) se realiza la observación espectral del módulo del vector de Park en el referencial del estator, con la ventaja del componente fundamental de la alimentación del motor ser automáticamente sustraído del espectro por la transformación de Park, haciendo con que los componentes características de las averías aparezcan desmodulados y con destaque [4]. Una transformación odq (Park) representa cada armadura trifásica original del estator y del rotor por una armadura bifásica  $dq$ , más una bobina aislada de índice  $o$ . Esta transformación elimina el acoplamiento magnético mutuo entre los bobinados de fase, haciendo el flujo concatenado en un eje independiente del otro. En general, la información en la cadena de secuencia cero ( $i_{so}$ ) no se utiliza. Los componentes del Vector de Park de la corriente eléctrica, en función de la corriente de alimentación son dados por las Ecuaciones (2) y (3):

$$i_{sd}^s = \sqrt{2/3} i_{s1}^s - 1/\sqrt{6} i_{s2}^s - 1/\sqrt{6} i_{s3}^s \tag{2}$$

$$i_{sq}^s = 1/\sqrt{2} i_{s2}^s - 1/\sqrt{2} i_{s3}^s \tag{3}$$



Donde  $i_{s1}^s, i_{s2}^s$  y  $i_{s3}^s$  son las corrientes trifásicas;  $i_{sd}^s$  y  $i_{sq}^s$  las corrientes de la máquina bifásica ( $dq$ ).

El módulo del vector de Park será dado por la Ecuación (4).

$$EPVA = \sqrt{(i_{sd}^s)^2 + (i_{sq}^s)^2} \quad (4)$$

### 2.3. Entropía Wavelet.

En la descomposición de wavelet packet (WPT), los coeficientes de detalle pasan a ser divididos en coeficientes de aproximación y detalles, descomponiendo la señal en forma de árbol binario [17]. El cálculo de los coeficientes WPT de la ecuación (5) es la secuencia resultante del producto interno de una señal  $s(t)$  con las funciones de wavelet packet.

$$\lambda_{m,f}(n) = \langle s, w_{mf} \rangle = 2^{-m/2} \sum_n s(t) w_f(2^{-m}t - n), f \geq 0 \quad (5)$$

Donde  $\lambda_{m,f}(n)$  son los coeficientes de la expansión de  $s(t)$  en las funciones de wavelet packet;  $w_{mf}(t)$  son las funciones de wavelet packet básicas,  $f$  es el índice de frecuencia,  $t$  es el tiempo,  $m$  el coeficiente de escala y  $n$  coeficiente de traslación.

Las funciones trasladadas, dilatadas y normalizadas wavelet packet se obtienen por la ecuación (6).

$$w_{mf}(t) = 2^{-m/2} w_f(2^{-m}t - n) \quad (6)$$

La entropía está relacionada con el grado de desorden de un sistema. Cuanto mayor el grado de entropía mayor será la dispersión de la energía en un proceso. Los métodos basados en entropía permiten la comparación entre propiedades del sistema en términos numéricos a través de una distribución de probabilidades, ya que la entropía puede ser utilizada como una medida de dispersión. El valor de energía relativa, que corresponde a la energía de cada wavelet packet es dado por la Ecuación (7).

$$p_m = \frac{\sum_n |\lambda_{m,f}(n)|^2}{\sum_m \sum_n |\lambda_{m,f}(n)|^2} \quad (7)$$

Se define la entropía total (en nats) como la suma de la entropía computada sobre toda la extensión de las frecuencias.

$$WPE_{tot} = \sum_m -p_m \ln(p_m) \quad (8)$$

Dependiendo del fenómeno a ser estudiado, habrá la necesidad de armonización de escala por medio de la normalización de los valores de la entropía.

$$(WPE_m)_N = \frac{WPE_m - WPE_{mmin}}{WPE_{mmax} - WPE_{mmin}} \quad (9)$$

Donde  $WPE_m$  es la entropía medida en determinada condición,  $WPE_{mmin}$  es la entropía mínima medida y  $WPE_{mmax}$  es la entropía máxima medida.

## 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

### 3.1. Montaje Experimental.

El conjunto experimental utilizado en esta investigación se clasifica como dispositivo de flujo de potencia por disposición directa, que utiliza un motor eléctrico directamente acoplado a la rueda

motora, y un dispositivo de frenado acoplado a la rueda movida. La bancada desarrollada en laboratorio y presentada en la Figura 2 está compuesta por un motor de inducción trifásico de Siemens de 2 cv (1,5 kW), 8,6N.m, 4 polos, 3,64A/380V, pudiendo ser accionado con inversor de frecuencia de control vectorial WEG CFW08 (2cv/220V) o salida directa (380V/60Hz).

El sistema reductor presentado en la Figura 3a está compuesto por engranajes cilíndricos de dientes rectos de módulo 3, con rueda motora de 23 dientes y relación de transmisión de 2:1. El motor acciona la caja de reducción que está acoplada a un freno mecánico por medio de una correa dentada. El conjugado de carga se mide multiplicando la longitud del brazo de palanca (230 mm) de la Figura 3b, con la masa medida por balanza electrónica de precisión WeiHeng WH-A08.

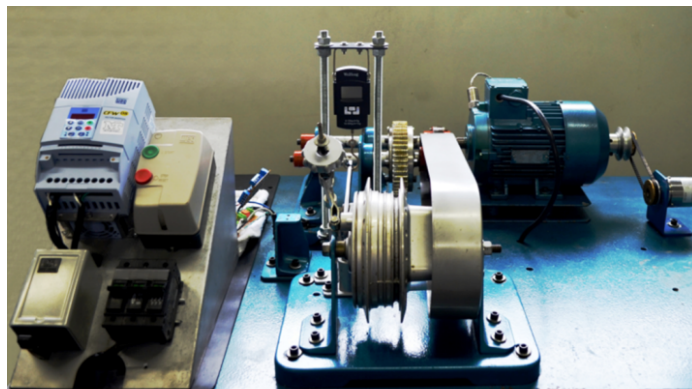


Figura 2 Montaje experimental propuesto. Fuente: Autoría propia.



Figura 3 Montaje experimental: (a) engranaje y (b) brazo de palanca. Fuente: Autoría propia.

La medición de la velocidad rotatoria durante los ensayos fue realizada por medio de un taco generador TH20R1800 de Hohner® que genera una señal analógica de 0 a 10V o 4 a 20mA, proporcional a la rotación. El sensor utilizado para realizar las mediciones de la vibración del conjunto fue el acelerómetro industrial HS-1001000202 de Hansford Sensors®, que tiene una sensibilidad de 100mV/g  $\pm$  10% y respuesta en frecuencia de 2Hz a 10kHz  $\pm$  5%. Las corrientes eléctricas se obtienen a partir de sensores lineales de efecto Hall de la Allegro del tipo ACS712ELC-30A que tienen una sensibilidad de 66mV/A. El módulo de adquisición de datos (DAQ) utilizado fue el modelo NI USB-6211 de National Instruments® que tiene 16 convertidores A/D de 16 bits y que puede trabajar con una tasa de muestreo de hasta 250 ks/s (muestras por segundo). A partir de las señales obtenidas por el DAQ se realizan los análisis de averías por un código en LabView®. Todas las señales utilizadas fueron muestreadas con 30 kHz. Todas las muestras fueron descompuestas por la WPT conforme a la Figura 4, analizando para los accionamientos directo de la red eléctrica y con inversor en 60Hz los detalles de packet  $\lambda_{7,0}$  y  $\lambda_{7,5}$  referentes a la región de la alimentación y de funcionamiento de los engranajes, respectivamente. En los accionamientos con inversor a 20Hz se analizaron los detalles del packet  $\lambda_{8,0}$  y  $\lambda_{8,3}$  de la región de la alimentación y de funcionamiento de los engranajes, respectivamente.

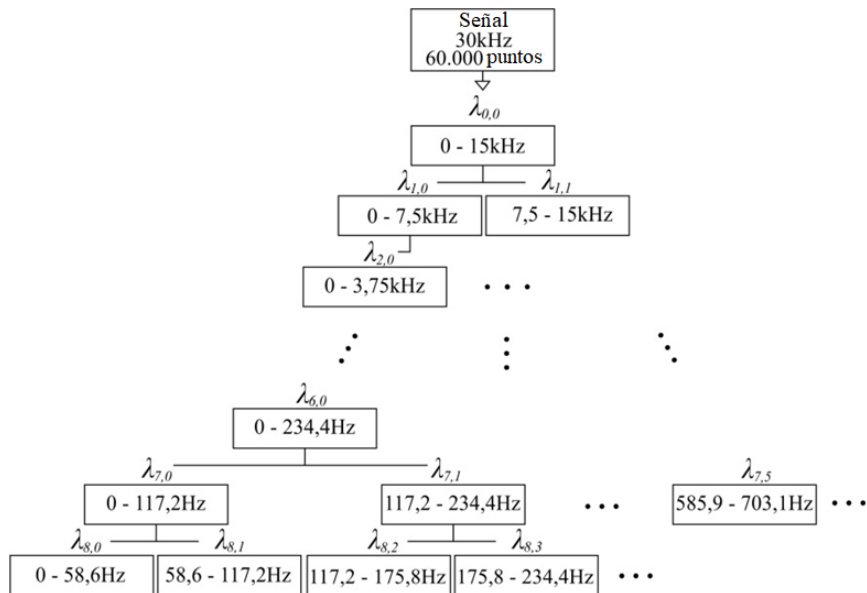


Figura 4 Descomposición WPT utilizada para el procesamiento de las muestras. Fuente: Autoría propia.

### 3.2. Resultados de la Detección.

La etapa de detección realizará un análisis estadístico de datos para determinar la confiabilidad de las herramientas de análisis y un patrón de la avería. Los patrones de entropía de la avería se utilizarán posteriormente para el diagnóstico en tiempo real. La avería de diente roto fue obtenida por medio del corte de un diente en su base, dañándose dos ruedas motoras, para observar la repetibilidad de los resultados. Para cada rueda motora averiada, se obtuvieron cinco muestras de cada condición de funcionamiento. En la Figura 5 se presenta un esquema del procedimiento utilizado.

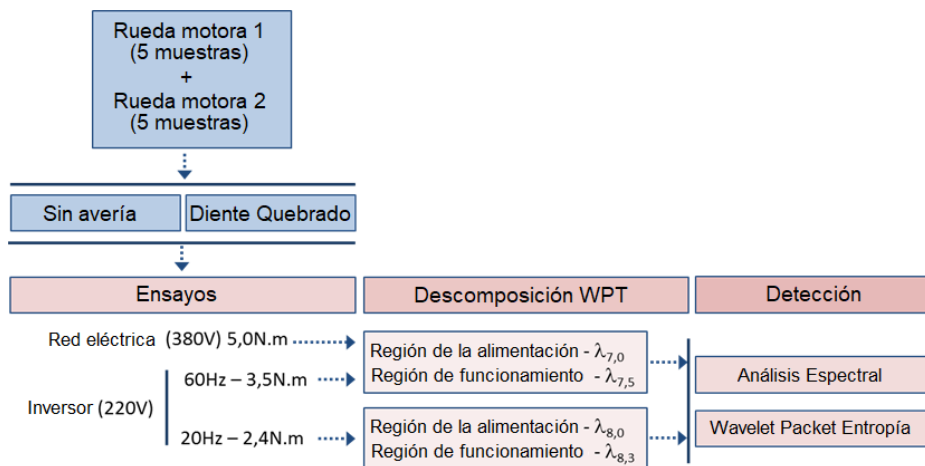


Figura 5 Base de ensayos para dientes quebrados. Fuente: Autoría propia.

Para el entendimiento de los efectos ocasionados por la avería de diente quebrado, se realizaron ensayos de desbalance, para comparar la magnitud de la excentricidad en la región de la alimentación, y un ensayo con holgura intencional (alejamiento de las ruedas), para observar los cambios en la región del engranaje. Los ensayos de desbalanceamiento se realizaron con masas de plomo utilizadas para balanceo de ruedas automotrices (30, 60, 90 y 120g) fijadas por tornillo en la rueda motriz. La Figura 6 presenta el sistema de transmisión con la avería de diente roto y las condiciones de desbalanceamiento evaluadas.

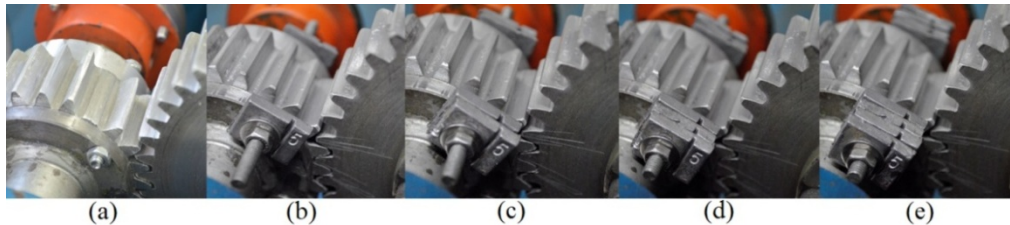


Figura 6 Ensayos de diente quebrado y con desbalanceamiento: (a) diente quebrado, (b) 30 gramos, (c) 60 gramos, (d) 90 gramos y (e) 120 gramos. Fuente: Autoría propia.

En la Figura 7 se muestran los espectros de vibración de los detalles  $\lambda_{7,0}$  e  $\lambda_{7,5}$ , comparando los estados sin avería y con diente roto, en el accionamiento directo de la red. El espectro de diente roto en la Figura 7a presentó un aumento de 14,4 dB en la frecuencia de la rueda movida (14,5Hz), y de 19,7dB en la frecuencia de la rueda motriz (29,5Hz). La frecuencia de funcionamiento del engranaje en el espectro de diente quebrado (678,5Hz) permaneció prácticamente inalterada en relación con la condición sin avería (686Hz), sin embargo, sus bandas laterales (649,0Hz, 664,0Hz, 693,0Hz y 708,0Hz, ) presentaron cambios en las magnitudes de forma asimétrica. En la Figura 7b es posible percibir que un pequeño cambio en la frecuencia de rotación del eje motor (diferencia de 0,4Hz entre la condición sin avería y diente quebrado), sea por las oscilaciones ocasionadas por una avería o por la carga, ocasiona grandes cambios en la región de funcionamiento (diferencia de 7,5Hz entre la frecuencia de engranaje sin avería y diente quebrado). En la Tabla 1 se presentan los valores de consulta de frecuencias y magnitudes de la Figura 7.

Tabla 1 Valores de frecuencias y magnitudes de la Figura 7. Fuente: Autoría propia.

	$f_{cor}$	$f_{pin}$	$f_{eng}-f_{pin}$	$f_{eng}-f_{cor}$	$f_{eng}$	$f_{eng}+f_{cor}$	$f_{eng}+f_{pin}$
<b>Sin avería</b>	14,9Hz	29,9Hz	656,0Hz	671,0Hz	686,0Hz	701,0Hz	716,0Hz
	-28,9dB	-33,7dB	-27,0dB	-29,6dB	-19,9dB	-27,8dB	-34,0dB
<b>Diente quebrado</b>	14,5Hz	29,5Hz	649,0Hz	664,0Hz	678,5Hz	693,0Hz	708,0Hz
	-14,5dB	-14,0dB	-12,6dB	-18,1dB	-19,3dB	-18,5dB	-24,8dB

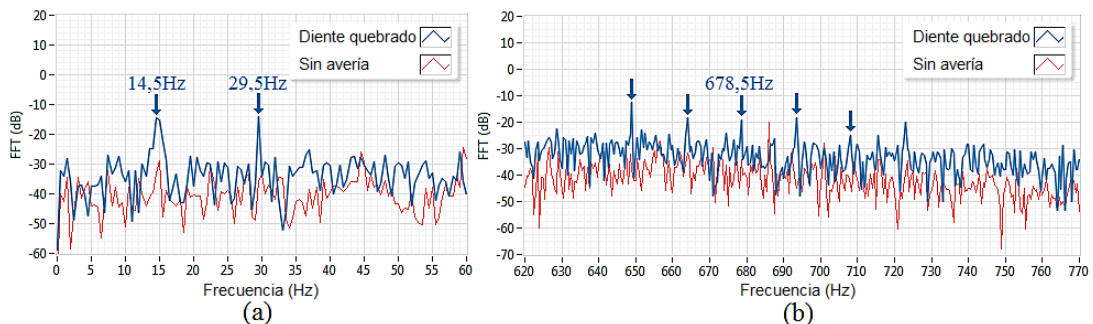


Figura 7 Espectros da vibração com acionamento direto da rede comparando os estados sem avaria e com dente quebrado: (a) detalhe  $\lambda_{7,0}$  e (b) detalhe  $\lambda_{7,5}$ . Fonte: Autoría própria.

El análisis espectral de los detalles wavelet de la vibración posibilitó la detección de la avería en todas las condiciones de funcionamiento propuestas. En la Figura 8 se presentan las corrientes dq para el funcionamiento del motor sin el mecanismo acoplado y con mecanismo (reducción y freno) en las condiciones sin avería y diente quebrado, donde se observa una excentricidad característica de la bancada. La condición de diente roto aumenta el efecto de la excentricidad.

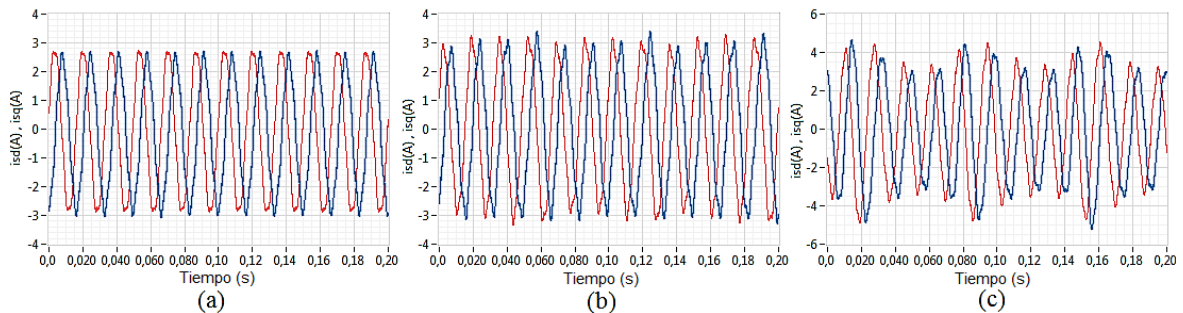


Figura 8 Corriente eléctrica  $dq$  con accionamiento del motor: (a) directo de la red sin mecanismo, (b) directo de la red sin avería, (c) directo de la red y diente quebrado. Fuente: Autoría propia.

En la Figura 9 se presentan los espectros de EPVA en las regiones de alimentación y de funcionamiento del engranaje, comparando los estados sin avería y con diente quebrado, en el accionamiento con inversor a 60Hz y 20Hz. El análisis espectral de la EPVA permitió la detección del diente quebrado con aumento de las frecuencias de las ruedas en la región de la alimentación y el surgimiento de un efecto holgazamiento que abarca un conjunto de frecuencias concentradas alrededor del funcionamiento del engranaje, sin embargo no se caracterizan como bandas laterales frecuencia. Para el accionamiento en 60Hz, se observó un aumento de 15,0dB en 14,4Hz ( $n_{bl} = 1$ ), y de 3,5dB a 28,8Hz ( $m_{bl} = 1$ ), y en el accionamiento a 20Hz, hubo un aumento en 4,0Hz ( $n_{bl} = 1$ ) de 11,0dB y de 12,0dB a 8,7Hz ( $m_{bl} = 1$ ).

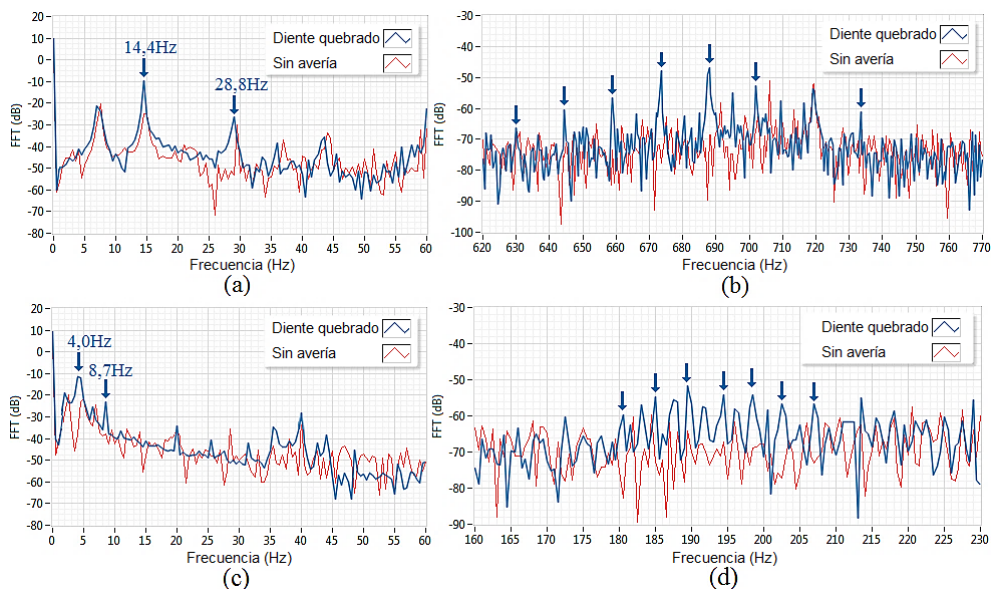


Figura 9 Espectros de la EPVA con accionamiento con inversor comparando los estados sin avería y con diente quebrado: (a) detalle  $\lambda_{7,0}$  del accionamiento con 60Hz, (b) detalle  $\lambda_{7,5}$  del accionamiento con 60Hz, (c) detalle  $\lambda_{8,0}$  del accionamiento con 20Hz y (d) detalle  $\lambda_{8,3}$  del accionamiento con 20Hz. Fuente: Autoría propia.

La excentricidad observada en la avería de diente quebrado es ocasionada principalmente por el impacto que el diente subsiguiente al dañado sufre al entrar nuevamente en contacto con un diente de la rueda movida. La sobrecarga ocasionada por los impactos origina un deterioro más rápido del diente posterior al quebrado, generando un desgaste localizado, y componentes espúricos en el espectro. Las magnitudes de las frecuencias de la avería en la región de la alimentación están asociadas a las características constructivas (número de dientes, módulo, material, etc.), al cargamento, y la rotación de la rueda dañada, debido a la magnitud de la fuerza tangencial ya los efectos inerciales.

El efecto de holgura ocasionado por la falta momentánea de un diente fue citado en [8] cuando se observaron dos dientes quebrados seguidos, sugiriendo que el efecto más perceptible ocurrido en el conjunto utilizado en esta investigación fue generado por factores geométricos del proyecto de la reducción. En los ensayos



de desbalanceamiento, la transmisión se presentó de forma bastante robusta, no habiendo modificaciones en los espectros con 30 y 60 gramos en relación al estado sin avería. Los ensayos con 90 gramos presentaron alteraciones en las magnitudes de las bandas laterales de la alimentación, sin embargo, aún por debajo de las observadas por la avería de diente quebrado. Los ensayos con 120 gramos no presentaron cambios en relación con los ensayos de 90 gramos. La Figura 10a presenta los espectros en la región de la alimentación con accionamiento directo de la red, donde es posible observar un aumento de 3,8dB en 15,0Hz ( $n_{bl} = 1$ ) y de 1,8dB en 29,4Hz ( $m_{bl} = 1$ ) si en comparación con la desbalanceación con 90 gramos, en relación con la condición de la transmisión sin avería, y en la Figura 10c se observa una diferencia de 16,7dB en 14,8Hz ( $n_{bl} = 1$ ) y de 9,8dB a 29,8Hz ( $m_{bl} = 1$ ) de la condición de diente quebrado en relación con la condición sin avería.

Los ensayos de desbalanceamiento no proporcionaron cambios en la región de funcionamiento del engranaje, de modo que, para observar el efecto de holgura en esta región, se produjo un pequeño alejamiento entre las ruedas. En la Figura 10b es posible analizar los efectos ocasionados por el holgura intencional en la región del engranaje, observando que las frecuencias que surgieron son bandas laterales de la 12ª armónica de la alimentación. Este resultado sugiere que las frecuencias observadas en la Figura 10d debido al diente roto son del mismo origen, diferenciadas por la dimensión de la holgura y por la incidencia en una pequeña parcela del tiempo total de una revolución. El análisis espectral de la corriente en el total de muestras presentó (semejante al análisis de vibración) relevantes variaciones en las magnitudes y en las frecuencias que componen el efecto de holgura en la región del engranaje, haciendo complejo un algoritmo de búsqueda y un diagnóstico confiable por medio del análisis espectral, incluso combinada con la descomposición wavelet. La Figura 11 presenta una ilustración de los instantes en los que los efectos de excentricidad y de holgura están presentes en el mecanismo. La Figura 11a presenta el desequilibrio y la holgura continua, y en la Figura 11b se muestra la ilustración de la holgura momentánea y el instante del impacto entre el diente posterior y el diente de la rueda movida.

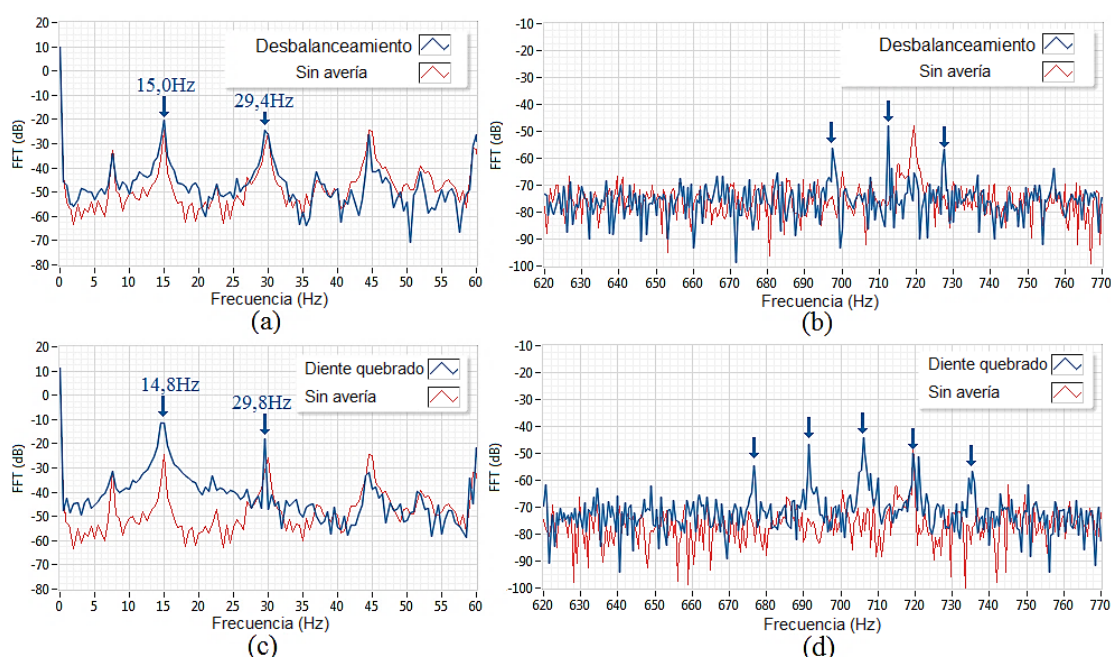


Figura 10 Espectros con accionamiento directo de la red comparando las condiciones: (a) detalle  $\lambda_{7,0}$  sin avería y desbalanceo con holgura, (b) detalle  $\lambda_{7,5}$  sin avería y desbalanceo con holgura, (c) detalle  $\lambda_{7,0}$  sin avería y diente quebrado y (d) detalle  $\lambda_{7,5}$  sin avería y diente quebrado. Fuente: Autoría propia.

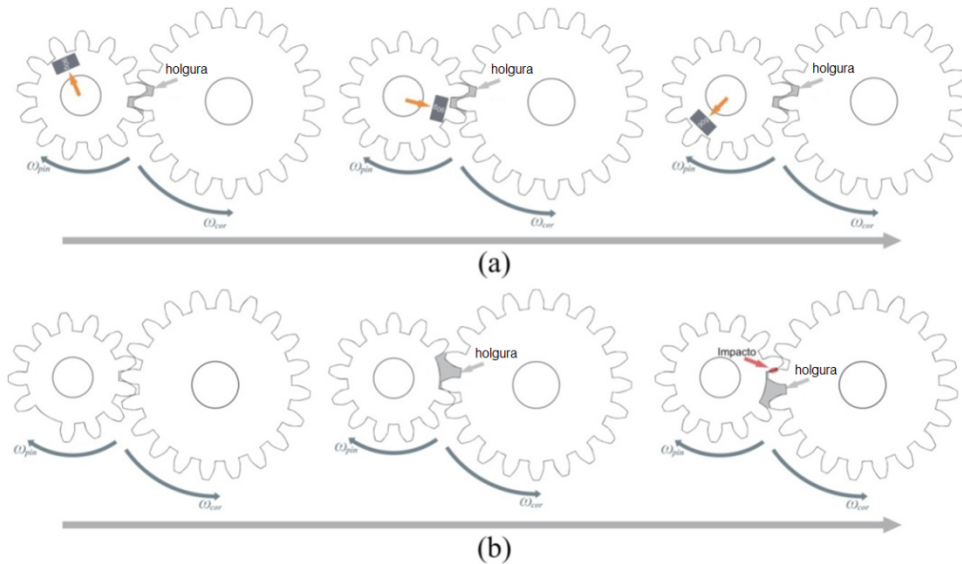


Figura 11 Comparación entre los efectos de excentricidad y holgura: (a) desbalanceamiento con holgura continua y (b) diente roto (holgura momentánea). Fuente: Autoría propia.

Los cálculos de la entropía aplicados a las descomposiciones wavelet de las señales de EPVA presentaron buena homogeneidad observada en la baja dispersión ( $CV \leq 15\%$ ) expresada por los coeficientes de variación (CV) de Pearson (desviación estándar expresado en porcentaje de media). En la Tabla 2 se presenta un resumen estadístico del cálculo de las entropías normalizadas en la región de la alimentación y del engranaje. En la región de la alimentación, la condición de diente quebrado presentó alteraciones significativas de la entropía en relación al estado sin avería, con aumento medio de 0,39742 nats para el accionamiento directo de la red, de 0,49906 nats para el accionamiento con inversor a 60Hz, y de 0,69963 nats para el accionamiento con inversor a 20Hz. En efecto, en la región del funcionamiento del engranaje, el efecto de holgura ocasionado por la condición de diente quebrado presentó un aumento medio de la entropía de 0,05574 nats para el accionamiento directo de la red, de 0,05779 nats para el accionamiento con inversor a 60Hz, y de 0,17420 nats para el accionamiento con inversor a 20Hz.

Tabla 2 Resumen estadístico de las entropías normalizadas en la región de la alimentación y del funcionamiento del engranaje con las condiciones sin avería y diente quebrado. Fuente: Autoría propia.

		Directo de la Red Eléctrica					
		Entropía del detalle $\lambda_{7,0}$			Entropía del detalle $\lambda_{7,5}$		
	Rueda motriz	Media	Desvío	CV (%)	Media	Desvío	CV (%)
Sin avería	1	0,50301	0,00787	1,56	0,05801	0,00465	8,01
	2	0,50262	0,00957	1,90	0,05290	0,00278	5,26
Diente Quebrado	1	0,89868	0,03403	3,79	0,11190	0,00835	7,46
	2	0,90179	0,01368	1,52	0,11049	0,00554	5,01
		60Hz (Inversor de Frecuencia)					
		Entropía del detalle $\lambda_{7,0}$			Entropía del detalle $\lambda_{7,5}$		
	Rueda motriz	Media	Desvío	CV (%)	Media	Desvío	CV (%)
Sin avería	1	0,09493	0,00165	1,74	0,03873	0,00164	4,23
	2	0,09698	0,00202	2,08	0,03965	0,00228	5,75
Diente Quebrado	1	0,59296	0,00453	0,76	0,10036	0,00681	6,79
	2	0,59707	0,00732	1,23	0,09360	0,00689	7,36
		20Hz (Inversor de Frecuencia)					
		Entropía del detalle $\lambda_{8,0}$			Entropía del detalle $\lambda_{8,3}$		
	Rueda motriz	Media	Desvío	CV (%)	Media	Desvío	CV (%)
Sin avería	1	0,15625	0,00575	3,68	0,13271	0,00534	4,02
	2	0,15692	0,00808	5,15	0,10963	0,00747	6,81
Diente Quebrado	1	0,84190	0,02832	3,36	0,29368	0,01505	5,13
	2	0,87052	0,03658	4,20	0,29706	0,01688	5,68

La Figura 12 presenta los cambios porcentuales de la entropía de cada detalle wavelet packet (cincuenta primeros) con la avería de diente rota, a partir de la muestra 8 de la condición sin avería, y de la muestra 4 de la condición de diente quebrado con accionamiento directo de la red valores obtenidos sin normalización de los detalles). En la Figura 12 es posible constatar que las

referencias de la literatura sobre la localización de las frecuencias características del diente roto presentan alteraciones significativas en la distribución del conjunto de entropías, validando la elección de los detalles a ser analizados.

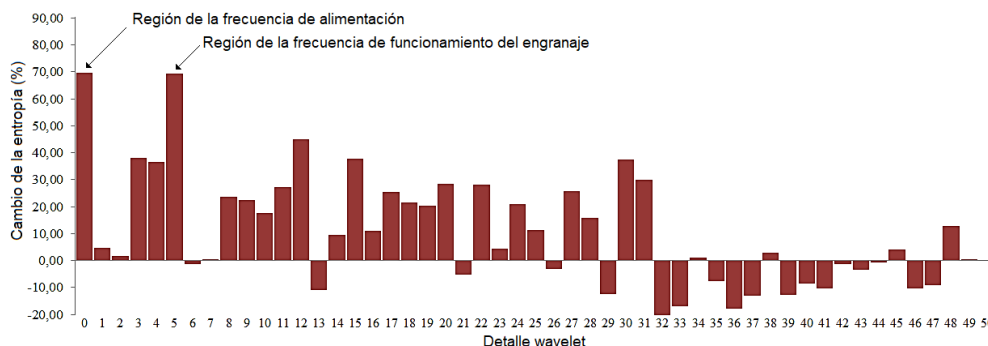


Figura 12 Cambios en la entropía con el diente roto. Fuente: Autoría propia.

### 3.3. Resultados del Diagnóstico.

A partir de los datos tabulados en el paso de detección, es posible programar un algoritmo en LabView® para realizar un diagnóstico en tiempo real de la avería. El procedimiento para la adquisición de los resultados del diagnóstico de diente roto fue similar al realizado en la detección, obteniendo tres muestras de cada condición de operación a intervalos de una hora. En la Tabla 3 se presentan los valores de entropía de la entrada EAA (región de alimentación) y de la entrada EEA (región de funcionamiento del engranaje), así como el resultado para cada muestra en los ensayos con algoritmo automático de diagnóstico. La Figura 13 presenta gráficamente el comportamiento de las entropías de entrada con las condiciones sin avería y con diente quebrado, donde se observa que la avería provoca un pequeño cambio en la entropía de la región del engranaje, suficiente para caracterizar el efecto de holgura.

Tabla 3 Comportamiento de la entropía en el diagnóstico en tiempo real. Fuente: Autoría propia.

Muestra	Directo de la Red		Inversor a 60Hz		Inversor a 20Hz		Diagnóstico
	EAA (nats)	EEA (nats)	EAA (nats)	EEA (nats)	EAB (nats)	EEB (nats)	
1	0,52405	0,06276	0,08207	0,03302	0,14821	0,10474	Sin avería
2	0,52687	0,05691	0,08309	0,03070	0,15618	0,14941	Sin avería
3	0,49291	0,05015	0,09399	0,04074	0,13685	0,14027	Sin avería
1	0,92687	0,10720	0,58982	0,09845	0,83912	0,27042	Diente quebrado
2	0,97564	0,12384	0,59967	0,09198	0,86170	0,28267	Diente quebrado
3	0,94324	0,11328	0,57960	0,11112	0,85399	0,29978	Diente quebrado



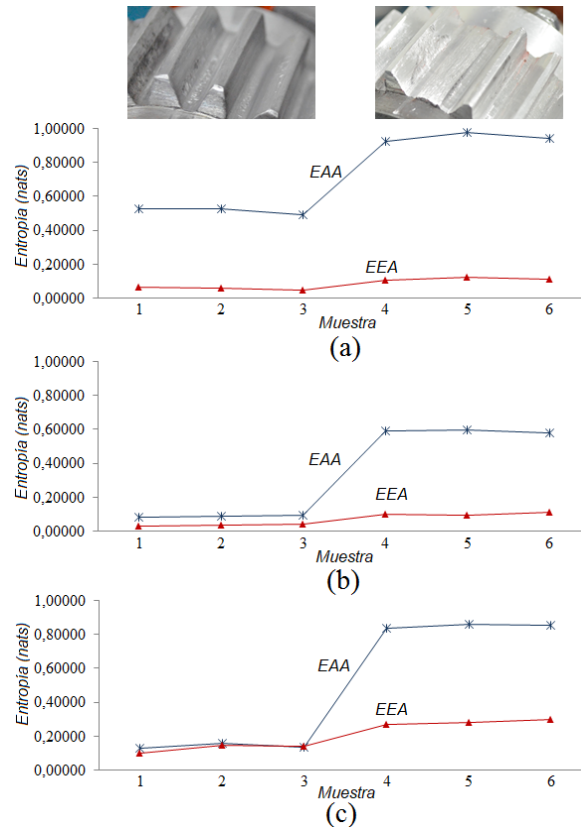


Figura 13 Comportamiento de las entropías con dientes quebrado en los accionamientos: (a) directo de la red, (b) con inversor a 60Hz y (c) con inversor a 20Hz. Fuente: Autoría propia.

#### 4. CONCLUSIONES.

En este trabajo se propuso una estrategia para el diagnóstico de averías en un sistema de transmisión por engranajes utilizando patrones de entropía en bandas de frecuencias específicas obtenidas por medio de la aplicación de la Transformada de Wavelet Packet (WPT) en señales de corriente obtenidas a partir del Motor de Inducción trifásico (MIT).

En la primera etapa, ocurrió el reconocimiento de los patrones espectrales y de entropías ocasionados por la avería con el motor de inducción operando conectado a la red trifásica (380V/60Hz) y con inversor de frecuencia a 60Hz y 20Hz, percibiendo que la avería de diente quebrado se caracteriza por el efecto de excentricidad en la región de la alimentación y por el efecto de holgura en la región de funcionamiento del engranaje. La excentricidad es ocasionada por el impacto que el diente posterior al dañado sufre al entrar nuevamente en contacto con un diente de la rueda movida. La magnitud de la excentricidad está asociada con características geométricas, con la carga aplicada y con la rotación de los ejes. El efecto de holgura es ocasionado por la falta momentánea de un diente, y está asociado, principalmente, a los parámetros geométricos. La entropía en la región de la alimentación presentó cambios significativos y en la región del engranaje pequeños cambios.

En la primera etapa la aplicación del análisis espectral en descomposiciones wavelet permitió la constatación de las averías en los signos de vibración y EPVA. Sin embargo, la observación del conjunto total de muestras presentó fuertes variaciones en las magnitudes y en las frecuencias de ambas a las fallas en la región de funcionamiento del engranaje, comprometiendo la confiabilidad del diagnóstico utilizando el análisis espectral, aun combinada con la descomposición wavelet. La proposición de patrones de entropía de descomposiciones wavelets se presentó como fuente de información confiable a las limitaciones del análisis espectral cuantificando los efectos transitorios de la avería en la región del funcionamiento del engranaje con baja dispersión de las muestras bajo una misma condición (sin y con avería) y de funcionamiento del motor. Las bajas dispersiones de las muestras en la cuantificación de los efectos por la entropía proporcionaron un elevado índice de aciertos del sistema automático de diagnóstico, confirmando la eficiencia de la estrategia.

#### 5. REFERENCIAS.

- [1] FUJIMOTO, R.Y. (2005). "Diagnóstico Automático de Defectos en Rodamientos Basado en Lógica Fuzzy". Disertación de maestría en Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, Brasil.

- [2] ARAÚJO, R.S. (2011). "Desgaste Prematuro y Fallas Recurrentes en Rodamientos de Motores de inducción Ttrifásicos Alimentados por Variadores de Frecuencia". Disertación de maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil.
- [3] PASSOS, A.G. et al. (2010). "Análisis de Señales de Vibración y Emisión Acústica para la Detección de Daños en Ensayos de Fatiga de contacto de Tipo Esfera Contra Plano". En: VI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Brasil.
- [4] SILVA, J.G.B. (2008). "Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Diagnóstico de Defectos en Rodamientos a través de la Firma Eléctrica de Motores De Inducción". Disertación de maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad Federal de Itajubá, Brasil.
- [5] BENGHOZZI, A. et al. (2012). "El diagnóstico de un Sistema de Transmisión de Secuencias de Disco Mediante el uso de los Parámetros de Control de Energía" .18th International Conference on Automation and Computing (ICAC), pp.1-6.
- [6] ASSUNÇÃO, F.O. (2006). "Técnicas de Análisis Predictivo para Fallas Eléctricas en Motores de inducción trifásicos". Disertación de Maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad Federal de Itajubá, Brasil.
- [7] SANTOS, F.M.; SILVA, I.N. e SUETAKE, M. (2012). "Sobre la Aplicación de Sistemas Inteligentes para Diagnóstico de fallas en Máquinas de Inducción - Una Visión General". Revista Control & Automatización, v. 23, n. 5, p. 553-569, Brasil.
- [8] KAR, C. e MOHANTY, A.R. (2006). "Monitoring Gear Vibrations Through Motor Current Signature Analysis and Wavelet Transform". Mechanical Systems and Signal Processing, v.20, n.1, pp. 158-187.
- [9] KAR, C. e MOHANTY, A.R. (2008). "Vibration and Current Transient Monitoring for Gearbox Fault Detection Using Multiresolution Fourier Transform". In Journal of Sound and Vibration, v. 311, n.1–2, pp. 109-132.
- [10] FLORES, A.Q.; CARDOSO, A.J.M. e CARVALHO, J.B. (2013). "Gearbox Fault Detection by Wavelet and Spectrum Analysis of the Induction Motor Power". Electric Machines& Drives Conference (IEMDC), 2013 IEEE International, pp.88-92.
- [11] KODA, F. (2009). "Estudio de la fatiga de contacto en engranajes cilíndricos de dientes restos". Disertación de Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Brasil.
- [12] NORTON, R.L. (2004). "Proyecto de Máquinas: Un Enfoque Integrado".Ed. Bookman, 2a ed., 931p.
- [13] DUDLEY, D.W. (1994). "Handbook of Practical Gear Design". Lancaster, Technomic.
- [14] ALBAN, L.E. (2002). "Failure of Gears, In: ASM Handbook". v.11, Failure Analysis and Prevention. Materials Park: ASM International, 2909p.
- [15] SOUSA, M.J.R.C. (2010). "Estudio de la Influencia de las Tensiones Residuales en la Fractura Catastrófica de Ruedas Dentadas en Servicio". Disertación en Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.
- [16] KIA, S.H.; HENAO, H. e CAPOLINO, G.-A. (2007). "Gearbox Monitoring Using Induction Machine Stator Current Analysis", Diagnostics for Electric Machines. Power Electronics and Drives, IEEE International Symposium, pp.149-154.
- [17] CROVATO, C.D.P. (2004). "Clasificación de Señales de Voz Utilizando la Transformada Wavelet Packet y Redes Neuronales Artificiales". Disertación de Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil.