

CINI 2019

XII° Congreso de Ingeniería Industrial

31 de octubre - 1 de noviembre

UTN Facultad Regional Santa Cruz

The background features a large, faint gear mechanism in the center, surrounded by various technical drawings, dashed lines, and arrows. A large green triangle is positioned on the right side of the page. Two horizontal blue lines intersect the central gear area.

CSINI 2019

XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

The logo for CoINI 2019 features the word 'CoINI' in a bold, black, sans-serif font. Above the 'i' in 'CoINI' is a stylized graphic consisting of a horizontal line with a green circle on the left and an orange circle on the right. To the right of 'CoINI' is the year '2019' in a large, bold, sans-serif font, with '20' in green and '19' in orange.

CoINI 2019

XII° CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SANTA CRUZ**



PROGRAMA DE ACTIVIDADES | JUEVES 31 DE OCTUBRE DE 2019

8.30 A 9.30	Recepción Acreditación Inscripciones			SUM UTN FRSC	
8.30 A 9.30	Coffee Break - Desayuno			BUFFET UTN FRSC	
9.30 A 10.00	Acto Inaugural Apertura XII COINI 2019 FRSC			AULA MAGNA UTN FRSC	
10.00 A 10.40	CONFERENCIA Moderador: "Las energías renovables para el petróleo y el futuro" Diserta: BABNOVICI			AULA MAGNA UTN FRSC	
10.40 A 11.20	CONFERENCIA Moderador: "Perspectivas energéticas para el país y la región" Diserta: CAMERON			AULA MAGNA UTN FRSC	
11.20 A 12.00	CONFERENCIA Moderador: "Presentación del Sr. Ministro de la Producción de la Provincia" Diserta: DN. LEONARDO ALVAREZ			AULA MAGNA UTN FRSC	
12.00 A 13.00	Break - Almuerzo			BUFFET UTN FRSC	
14.00 A 16.00	AULA 11 UTN FRSC	AULA 12 UTN FRSC	AULA 13 UTN FRSC		BIBLIOTECA
	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de la Calidad, Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresarial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de Operaciones y Logística EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Innovación y Gestión de Productos Emprendedorismo e Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión Económica / La Educación en la Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Ponencias audiovisuales
16.00 A 16.30	Coffee Break - Merienda			BUFFET UTN FRSC	
16.30 A 17.10	CONFERENCIA Moderador: "Logística y Gestión de Cadenas de Suministro en la Revolución 4.0 y 5.0. Aspectos y relación con la industria del gas y petróleo" Diserta: FERNANDO SALAZAR ARRIETA (U JAVERIANA - REDICECIA - COLOMBIA) CONFERENCIA Moderador: "SS Servicios. Empresa de tecnología, fibra óptica y conectividad" Diserta: FERNANDO SALAZAR ARRIETA (U JAVERIANA - REDICECIA - COLOMBIA)			AULA MAGNA UTN FRSC	
17.10 A 17.15	Anuncios de cierre Día 1			AULA MAGNA UTN FRSC	
21.00 A 24.00	Cena de camaradería XII COINI 2019 FRSC			CENTRO ASTURIANO	

PROGRAMA DE ACTIVIDADES | VIERNES 01 DE NOVIEMBRE DE 2019

9.30 A 10.00	Coffee Break - Desayuno			BUFFET UTN FRSC	
10.00 A 10.40	CONFERENCIA Moderador: "El Saber Ser en la Ingeniería Industrial" Diserta: Federico MENDIZÁBAL y Miguel RISSETO			AULA MAGNA UTN FRSC	
10.40 A 11.20	CONFERENCIA Moderador: "Taller de la Red de Investigadores Latinoamericanos AACINI-REDICECIA"			AULA MAGNA UTN FRSC	
11.20 A 13.00	AULA 11 UTN FRSC	AULA 12 UTN FRSC	AULA 13 UTN FRSC	AULA 14 UTN FRSC	BIBLIOTECA
	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de la Calidad, Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresarial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de Operaciones y Logística EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Innovación y Gestión de Productos Emprendedorismo e Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión Económica / La Educación en la Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Ponencias audiovisuales
13.00 A 14.00	Break - Almuerzo			BUFFET UTN FRSC	
14.00 A 16.00	AULA 11 UTN FRSC	AULA 12 UTN FRSC	AULA 13 UTN FRSC	AULA 14 UTN FRSC	BIBLIOTECA
	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de la Calidad, Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresarial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión de Operaciones y Logística EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Innovación y Gestión de Productos Emprendedorismo e Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Gestión Económica / La Educación en la Ingeniería Industrial	EXPOSICIÓN DE TRABAJOS Ponencias audiovisuales
16.00 A 16.30	Coffee Break - Merienda			BUFFET UTN FRSC	
16.30 A 17.10	CONFERENCIA Moderador: CD AACINI "Conclusiones del XII COINI 2019 FRSC" Diserta:			AULA MAGNA UTN FRSC	
17.10 A 17.55	CONFERENCIA Moderador: Mario Lurbe "Educación por competencias" "La Experiencia de Chile" Diserta: Ing. Mag. Cristina PAREDES (UMAG Chile)			AULA MAGNA UTN FRSC	
17.55 A 18.15	Acto Clausura XII COINI 2019 FRSC			AULA MAGNA UTN FRSC	
18.15 A 19.00	Video y fotos Entrega de Certificaciones XII COINI 2019 FRSC			SUM UTN FRSC	



Apertura COINI 2019 | UTN FRSC Autoridades presentes

“(...) saberes productivos al alcance de todos”.

Durante la apertura del Congreso, el Decano Sebastián Puig manifestó su enorme orgullo sobre la realización del COINI en la Facultad, e indicó que *“la Universidad tenía que producir saberes productivos y que estén al alcance de todos”*. Igualmente, recordó que entre los principales objetivos en la organización de este evento, fue que *“nos surgía para que vean nuestra provincia, para que vean a Santa Cruz en este contexto. Y ahí le golpeamos la puerta a la Gobernadora para comentarle sobre este evento para que nos acompañe, porque Santa Cruz ha sido en este tiempo un modelo a seguir”*.

Al finalizar agradeció a todos los participantes, remarcando que *“nosotros tenemos que*

ser buenos en temas importantes, útiles para la región, para el desarrollo local y provincial y de su gente. Por eso, donde se producen los saberes, donde se generan los haberes, tenemos que compartirlos y trabajarlos donde son necesarios esos saberes van a significar también la distribución de la riqueza”.



Apertura COINI 2019 | UTN FRSC Dra. Alicia Kirchner, Gobernadora de la Provincia de Santa Cruz

La Gobernadora de Santa Cruz, Alicia Kirchner, expresaba durante la presentación de Congreso que *“la educación nos va a permitir realizar las verdaderas transformaciones”*, donde además destacó la importancia de apostar a la educación para el desarrollo de la provincia. También puso en valor la posibilidad de consolidar el proyecto de una Santa Cruz sustentable en sí misma de la mano de la ciencia y la tecnología. Explicó por qué el gobierno se siente tan comprometido con este tipo de Congresos y con la educación en todos sus niveles.

“Ciertamente como dijeron aquí, todo empieza con un sueño. Cuando no se tiene ese sueño y visión los caminos con muy cortos”, resaltaba ante los presentes.

“(…) todo empieza con un sueño”.

“Cuando uno tiene la visión del desarrollo va buscando las distintas medidas para encontrarlo. Eso hemos hecho en Santa Cruz. Apostamos mucho a la educación en todos los niveles y nos gustaría que todos y todas quienes están involucrados en ella, sintieran ese esfuerzo como propio. La educación nos va a permitir realizar las verdaderas transformaciones”, transmitía Alicia Kirchner al finalizar su discurso.



Apertura COINI 2019 | UTN FRSC Ing. Mario Lurbé

“(...) para que se siga contruyendo conocimiento”.

El COINI 2019 fue un éxito, al decir de los asistentes, pero el congreso fue la consecuencia del trabajo de un equipo que -no dudo en apoyar, ayudar, esforzarse, y comprometerse.

La historia comienza en noviembre de 2018 organizado por la Universidad de Mendoza, se realizó el COINI 2018, en la reunión de Directores de Carrera, contando con una nutrida cantidad de directores de todo el país.

Allí se decidía donde se realizaría en COINI 2019, y no había postulantes firmes para organizarlo, mientras tanto en la FRSC comenzaba la gestión del Lic. Sebastián Puig como decano de esta en un proceso de retomar la senda de la calidad académica y el posicionamiento de la FRSC en la comunidad provincial, apareciendo

la organización del congreso como una oportunidad más de posiciona a la FRSC en la opinión pública de la provincia.

La aceptación de la postulación significo el punto de partida para comenzar la organización del COINI 2019. que contó desde el primer momento con el decidido apoyo del Decano y la colaboración de todos los miembros de la comunidad de la facultad.

La secretaría Académica, el área de comunicación, las Secretarías Administrativa, de Asuntos Estudiantiles, Extensión e Investigación y Posgrado han colaborado para llevar adelante la organización, el Decano logró el apoyo decidido del Gobierno Provincial, a través del cual se gestionó el apoyo económico del Consejo



Apertura COINI 2019 | UTN FRSC Nuestros expositores

Federal de Inversiones que fue importantísimo para la realización del evento.

No podemos dejar de destacar el gran aporte de los alumnos de la carrera, especialmente de los últimos años, sin el cual la organización no hubiese podido llevarse a cabo.

Merece destacarse el apoyo firme de la AACINI, Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y afines, destacándose el permanente apoyo del Especialista Miguel Risetto presidente de esta y del resto de los integrantes de la comisión directiva.

En el transcurso de COINI se presentaron muy interesantes trabajos, ochenta y tres de los cuales forman parte de esta publicación y que a

través de ella ponemos a disposición para que se siga construyendo conocimiento.

En el marco del congreso se resolvió avanzar con la revista de la AACINI, una revista científica para cubrir temas de ingeniería Industrial y Supply Chain, esto último impulsado por la fusión a futuro del Congreso Internacional de Supply Chain y el Coini.

Se ha decidido avanzar también con la Red de Investigadores Iberoamericanos AACINI-REDI-CECIA, esperamos que en este año se avance en la consolidación de estos logros.

Dr. Ing. Ruben Mario Lurbé
Presidente del COINI 2019
Dir. Dto Ing. Ind. FRSC



Apertura COINI 2019 | UTN FRSC Esp. Miguel Ángel Risetto, Presidente AACINI

“Si la única oración que dijiste en toda tu vida fue ‘gracias’, eso sería suficiente”.
Meister Eckhart

Es un orgullo y una enorme satisfacción hacer el prólogo del Libro de Memorias del XII COINI 2019 FRSC, el Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, desarrollado en la Facultad Regional Santa Cruz, ubicada en la Ciudad de Río Gallegos, en el extremo más austral de la República Argentina.

No encontré mejor manera de comenzar este breve escrito que decir la palabra “GRACIAS”, luego de haber disfrutado de un Congreso verdaderamente espectacular desde todo punto de vista. Comienzo entonces:

Gracias a la Gobernadora de la Provincia de Santa Cruz, Sra. Alicia Kirchner, que nos acompañó en todo el acto de apertura, con una simpatía y predisposición únicas.
Gracias a la FRSC Sede organizadora del evento, a sus autoridades, docentes, alumnos, no docen-

tes y graduados, tan bien representada por su Sr. Decano Lic. Sebastián Puig, quien nos apoyó en todo momento y fue además un anfitrión distinguido por su dedicación y calidez.

Gracias al Director de Carrera, Ing. Mario Lurbe, que asumió el desafío gigante de organizar por segunda vez este congreso y que estuvo en todos y cada uno de los detalles para que este sea realmente inolvidable.

Gracias a los Directores de Ingeniería Industrial, integrantes de la Red AACINI, la Asociación Argentina de Ingeniería Industrial y Afines, y a su Comisión Directiva, que año a año colaboran para que nuestra carrera pueda realizar este tipo de mega encuentros y así propender a la mejora de la educación toda.

Gracias a la Editorial EduTecne, de la Universidad Tecnológica Nacional, y a su Rector Ing. Héctor Aiassa, por la publicación de este libro.

Gracias a los más de 100 evaluadores, a los Coordinadores e integrantes del Comité Científico, a las 67 Instituciones argentinas y las 13 del exterior que auspiciaron y participaron con más de 400 autores e investigadores en este COINI 2019.

Y gracias a los asistentes en general -investigadores, docentes, alumnos, autoridades, funcionarios, conferencistas y expositores- que vinieron de muchas provincias argentinas y también a quienes nos acompañaron desde el exterior, desde Colombia, Perú, Brasil y Chile. Entre todos le dieron un marco insuperable al COINI 2019.

Este libro "Memorias del XII COINI 2019" reúne los trabajos presentados los días 31° de octubre y 1° de noviembre de 2019, en el Congreso Argentino / Internacional de Ingeniería Industrial. Estos 83 trabajos fueron sometidos a doble evaluación ciega, tienen el más alto rigor científico y se publican como es habitual, con Registro ISBN.

Encontrarán aquí escritos de gestión, de inno-

vación, técnicos y de economía, de emprendorismo, de educación, y otros. Como puede verse, el amplio campo de la Ingeniería Industrial, permite además que otras especialidades se presenten en el COINI, haciendo a este libro muy variado y también muy interesante.

En tal sentido, podemos decir con gran satisfacción y orgullo que gracias a nuestros COINI -que organizamos hace 14 años- y sus publicaciones, dimos ya respuesta a más de 1200 trabajos y a 4000 autores. Así, hemos podido concretar tanto la necesaria transferencia de las investigaciones como el éxito de los procesos de Acreditación de las carreras donde participan.

En otro orden de cosas, debo destacar como novedades del COINI 2019, el acuerdo entre la AACINI y la Red REDICECIA de investigadores Latinoamericanos, que permitirá la edición de la Revista AACINI de Ingeniería Industrial Indexada. Esta nueva Revista incluirá los mejores trabajos de este los futuros Congresos que organicemos.

Vemos así como la AACINI, la Red Argentina de la especialidad, reconocida por el CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, e integrada por más de 60 Directores de Carrera, contribuye con la producción científica y la educación en Ingeniería, tanto de la República Argentina como de América Latina y del Caribe.

Para concluir, es mi ferviente deseo que continuemos trabajando juntos -con el espíritu de cordialidad que siempre prima en nuestros COINI y en nuestra AACINI- para aportar 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 y de América toda.

Espero entonces que disfruten de este libro y que también les sea de utilidad.

Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI



El comienzo: matriculación.





Expositores y conferencias



Charlas simultáneas.





Universidad Tecnológica Nacional Construcción Facultad Regional Santa Cruz

Nuestra historia en la provincia

La Facultad Regional Santa Cruz nace el 27 de enero de 1982 a partir del Convenio de Colaboración Educativa como Departamento de Carreras Tecnológicas, pasando por muchos nombres hasta finalmente el 25 de setiembre de 2009 se transforma en Facultad Regional Santa Cruz, obteniendo la mayor jerarquía Institucional dentro de la Universidad Tecnológica Nacional.

Con la segunda etapa finalizada del edificio la sede de la Facultad Regional queda conformada con espacios de gran envergadura como son el Aula Magna, La Sala de Usos Múltiples, la biblioteca y sala de lectura y la radio, como así también los diferentes espacios áulicos y de servicios como laboratorios de Física, Química, Electricidad, Electrónica, Mecánica, Materiales e Informática, todos

equipados acordes a las exigencias académicas de las especialidades dictadas.

Cabe recordar, que la UTN tiene sus orígenes en la Universidad Obrera Nacional y es por ello que interpreta su rol activo en la incorporación de la clase trabajadora al proceso de formación institucional, entendiendo que en la alta calificación y especialización de mano de obra reside el principal insumo para el desarrollo económico y productivo de un país. Entonces; la Facultad busca dar respuesta a la necesidad de profesionales para las distintas áreas de demandas con que se presentan en la Provincia y la Región. Generando una atractiva oferta académica para jóvenes de la zona, quienes podrán estudiar y desarrollarse en su lugar de residencia; cerca de sus afectos y costumbres, en un lugar en pleno crecimiento que requiere de estos, para lograr y fortalecer el desarrollo económico de la región y el país.

Pero quizás el objetivo más trascendente para su implementación, acorde con las políticas

públicas de inclusión y de igualdad de oportunidades y posibilidades, implementada por el Estado Nacional, reside en el intento de recuperar a los jóvenes de los sectores menos favorecidos económicamente, lo que, a partir de la motivación y cooperación concreta, puedan ingresar a una carrera universitaria.

La Universidad Tecnológica Nacional es concebida desde sus comienzos como una institución abierta a todos los hombres capaces de contribuir al proceso de desarrollo de la economía Argentina, con clara coincidencia de su compromiso con el bienestar y la justicia social, su respecto por la ciencia y la cultura y la necesidad de su aporte al progreso de la Nación y las regiones que la componen, reivindicando los valores imprescriptibles de la libertad y la dignidad del hombre, los cimientos de la cultura nacional que hacen a la identidad del pueblo Argentino y la integración armónica de los sectores sociales que la componen.





COMITÉ DE HONOR

PRESIDENTE HONORARIO

*Ing. Héctor Aiassa
Rector de la Universidad Tecnológica Nacional*

VICE - PRESIDENTE HONORARIO

*Lic. Sebastián Puig
Decano de la Facultad Regional Santa Cruz*

COMITÉ ORGANIZADOR

COORDINACIÓN GENERAL

*Dr. Ing. Ind. Ruben Mario Lurbé
Esp. Arq. Miguel Risetto
Lic. María Eva Balcazar
Ing. Ind. Alejandro Aroca Babich*

COMITÉ CIENTÍFICO Y DE PUBLICACIONES

*Dr. Ing. Mario Lurbe
Mg. Ing. Iván Barón
Esp. Arq. Miguel A. Risetto
Dr. Leandro M. Sokolovsky
Mg. Carlos Alberto Vacca
Mg. Ing. Alejandro Mohamad*

EVALUACIONES

*Director General Mg. Ing. Iván Barón
Coordinación General Ing. Juan Sáenz*

COORDINADORES POR ÁREA TEMÁTICA:

*Mg. Ing. Edgardo Boschín
Ing. Jesica Romero
Mg. Ing. Ariel Morbidelli
Ing. Bruno Romani
Esp. Arq. Miguel A. Risetto
Ing. Lucas Pietrelli
Esp. Ing. Ángel Quiles*

EVALUADORES COINI 2019

*Ing. Manuela Mercedes Pendón | Dr. Ing. Caracciolo, Néstor | Ing. Fernando Javier Orozco
Ing. Senn, Jorge | Ing. Jaureguiberry Mario Ernesto | Ing. María De Los Ángeles Puente
Dr. Ing. Serra Diego Gastón | Ing. Laguto Sebastián | Lic. Gallegos María Laura
Lic. Herrería, Elisabeth Ruth | Ing. Cruz Eugenio Ruben | Ing. Cariello Jorgelina Lucia
Ing. Rezzonico Ricardo | Ing. Dos Reis María Rosa | Ing. Walas Mateo, Federico
Lic. Cinalli Marcelo Fernando | Ing. Carrizo Blanca Rosa | Dr. Ing. Michalus Juan Carlos
Ing. Zárate Claudia Noemí | Ing. Toncovich, Adrián Andrés | Ing. Esteban Alejandra María
Ing. Rohvein Claudia | Dr. Ing. Viel Jorge Eduardo | Dr. Ing. Adolfo Eduardo Onaine
Dr. Ing. Salazar Arrieta Fernando | Ing. Urrutia Silvia Beatriz | Lic. Martinez Llana, Daniel Jorge Placido
C.P. Bruno, Carolina | Ing. Marcos, Carlos Eduardo | Lic. Blanc, Rafael Lujan
Ing. Morcela, Oscar Antonio | Ing. Corvalan, Soraya | Dr. Ing. Rossetti, German
Lic. Prof. Esteves Ivanisovich María José | Ing. Franco Chiodi | Lic. Noelia Vanesa Morrongiello
Lic. Roseti, Laura Patricia | Ing. Jauré María Florencia | Ing. D'Onofrio María Victoria
Dr. Ing. Fracaro, Anahí Catalina | Dr. Ing. Ferreyra Diego Martín | Dr. Lic. Artola, Eugenia
Lic. Gómez, Daniela Nora | Ing. Aroca Bavich Alejandro Cruz | Dr. Lic. Mansilla, Graciela Analía
Ing. Erck Isolda Mercedes | Dr. Lic. Artigas María Velia*

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SANTA CRUZ

*Los Inmigrantes 555
Río Gallegos - Santa Cruz - Argentina*

+54 2966 429173

info@frsc.utn.edu.ar

http://www.frsc.utn.edu.ar

@utn.frsc



COINI 2019 : XII Congreso de Ingeniería Industrial / Daniel Jorge Martínez Llana...
[et al.] ; compilado por Miguel Ángel Risetto ; Rubén Mario Lurbé ; Iván Barón.-
1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2020.
Libro digital, PDF.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-43-9

1. Ingeniería Industrial. 2. Técnicas de Gestión. 3. Control de Calidad. I. Martínez Llana,
Daniel Jorge. II. Risetto, Miguel Ángel, comp. III. Lurbé, Rubén Mario, comp. IV. Barón,
Iván, comp.

CDD 620.007



Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Héctor Eduardo Aiassa

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaria Académica: Ing. Liliana Raquel Cuenca Pletsch

Secretaria Ciencia, Tecnología y Posgrado: Dr. Horacio Leone



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Cruz

Decano: Lic. Sebastián Puig

Vicedecano: Ing. Pablo Bahamonde



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando H. Cejas

Área de edición y publicación en papel: Carlos Busqued

Colección Energías Renovables, Uso Racional de Energía, Ambiente: Dr. Jaime Moragues.

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

© edUTecNe, 2020

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ) Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-4998-43-9



Índice “Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria”	4
“Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov”	5
Estudio comparativo de biomarcadores a partir de crudos provenientes de la Cuenca Austral y del Golfo	11
Aplicación de nuevas tecnologías para el monitoreo de la contaminación química inorgánica y orgánica en la cuenca riachuelo matanza: construcción de indicadores de prevención ambiental.....	20
Aplicación de herramientas, como estrategia ambiental, para mejorar la competitividad empresarial.....	31
Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos	42
Difusión y utilización de herramientas de calidad en ambientes técnicos e institucionales.....	48
Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.	58
Análisis estadístico de vientos de una zona de Bahía Blanca como recurso energético	69
Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo ..	75
Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido	79
Calidad de vida de habitantes de pueblos originarios cercanos a las litieras de la Puna salteña.....	90
Evaluación de la Producción de Compost en dimensión industrial a partir de RSU domiciliarios en la ciudad de Ushuaia	100
Simulación basada en dinámica de sistemas para la evaluación de sistemas de gestión de envases usados.....	112
Determinación de un Modelo Estándar de Proceso para el aprovechamiento de los Residuos Avícolas en el área del Gran Córdoba	122
Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de	134
patologías en pavimentos urbanos	134
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental de las industrias de la región.	144
Identificación y análisis de las variables clave de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria en Argentina	153
Gestión de la Calidad en la industria 4.0.....	163
Implantação de Total Productive Maintenance	175
Survey on thermal comfort in the metal industries.....	186
Contenido “Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional”	198
Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia. Primeros resultados	199
Aplicación de técnicas de optimización a la industria petrolera del Golfo San Jorge: Primera Aproximación.....	209
Algoritmos, industria 4.0 y los recursos humanos, un análisis interdisciplinar.	218
Modelo de Gestión del Conocimiento Caso de aplicación en una IES	227
Grado de inserción de la calidad en las industrias del partido de Avellaneda	236
Industria 4.0 y su aplicación a escala regional.	244
Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos.....	244
Caracterización de la gestión de las empresas y de los recursos humanos en las PyMEs de Río Gallegos.....	255

Análisis de Modelos Organizacionales para la Educación Superior en Modalidad Virtual	266
El estudio de la brecha entre la formación de la ingeniería de la FRD y la empleabilidad	276
El proceso de difusión del uso de herramientas analíticas en Empresas de Base Tecnológica en Argentina.	287
Contenido “Gestión de Operaciones y Logística”	299
Metodología de trabajo diseñada para la optimización de la gestión de inventarios aplicada a la Cooperativa 1º de Agosto.	300
“Análisis predictivo de lotes agrícolas para la siembra de soja”	311
Un problema de secuenciación en un entorno de producción <i>just-in-time</i> resuelto mediante un procedimiento metaheurístico	317
Madurez del almacén de suministros de una institución pública de salud	326
Modelado y simulación de eventos discretos de un sistema de producción textil para evaluación del desempeño de una línea de producción	335
Simulación de un proceso de logística de salidas con aplicaciones en la nube computacional e internet de las cosas	347
La mezcla de producción aplicando la Programación por Metas y el Proceso Analítico de Jerarquías.....	359
Nuevas tecnologías informáticas para la sustentabilidad logística con soporte criptográfico y mediadas por aplicaciones móviles y web, reingeniería en código abierto.....	369
Un estudio comparativo de algoritmos metaheurísticos sobre instancias reales de problemas de recolección de RSU	379
Análisis de la cadena de suministros de una PyME marplatense, en el contexto de la gestión de la innovación tecnológica	389
Redes Neuronales como herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial – Segunda etapa: Mejora del pronóstico.....	400
Desarrollo de fórmulas para la medición de operaciones. Caso de aplicación en una Industria de muebles y accesorios de la Región Centro.	410
Aplicación de la teoría de grafos y la programación lineal en la planificación de recolección de basura	421
“Análisis y selección de lotes y plantas de secado para la exportación utilizando programación lineal”	433
Metodología basada en reportes de siniestros para la optimización de la gestión Municipal sobre seguridad vial.	444
Índice “Gestión Económica”	454
Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera	455
Políticas Proactivas a largo plazo en La Inversión en Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico.	463
Análisis de una muestra de cereal aplicando lógica difusa	475
Ventajas de la financiación de las pymes Argentinas a través del mercado de valores vs la financiación de las pymes Colombianas	486
Índice “Innovación y Gestión de Productos”	497
Observatorio Tecnológico OTEC: una década de aprendizaje y servicio, para el desarrollo económico local.....	498
Análisis del proceso de diseño y desarrollo de productos en PyMes del Área Económica Local San Nicolás. Proyecto de investigación.	510
La energía solar fotovoltaica, aplicaciones de las innovaciones tecnológicas en Argentina, la legislación relacionada y sus perspectivas futuras.....	516
Ejes para el Desarrollo de la Trama Productiva de Equipamiento Eólico de Alta Potencia ..	523
Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería mecánica	532

Diseño de la envolvente mecánica para un termómetro parlante destinado a personas no videntes	543
Solicitaciones en un acoplamiento cardánico de uso agrícola.....	553
Análisis estructural de equipo del sector de la construcción para la industria local	563
La función diseño en ingeniería metodología por nodos críticos	571
Planta piloto para la producción y ensayo de biodiesel.....	575
Tecnologías disponibles para la producción del ácido fosfórico en el Perú	586
Contenido “La Educación en la Ingeniería Industrial”	595
Hacia un enfoque curricular promotor de la creatividad y la innovación en los estudiantes de ingeniería industrial en el ámbito de industria 4.0	596
CENS: determinación del grado de evolución de los estudiantes de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora	602
Aplicaciones de la Topología en la Impresión 3D.....	613
Estrategias para la enseñanza del concepto de productividad.....	620
Estrategias para la enseñanza del concepto de evaluación de desempeño.....	629
Modelo de formación por competencias: análisis de un proceso de transición en docentes de ingeniería.....	638
Aprendizaje activo sobre Manufactura Esbelta en las aulas universitarias a través de un Juego Serio	644
Comparación de métodos de cronometraje en el estudio de métodos y tiempos abordado en la carrera de ingeniería industrial.....	653
¿Por qué aprender en equipo la Gestión de la Calidad?.....	664
Propuesta de implementación de curso-taller complementario de automatización mediante PLC para estudiantes de ingeniería industrial.....	675
La inserción de TIC en el aula a través de juegos educativos.....	684
Como establecer competencias de egreso en las Prácticas Profesionales Supervisadas....	691
Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de juegos serios	703
Aplicación de Flipped Learning y su influencia en el rendimiento académico en Métodos Numéricos, en los estudiantes de Ingeniería	712
Contenido “Emprendedorismo e Ingeniería Industrial”	720
Desarrollo de metodologías para impulsar Startups en la UTN Facultad Regional San Rafael	721
Desarrollo Emprendedor en la Facultad de Ingeniería de la UNLP	725
Contenido “Trabajos Destacados”	737
Evolución de la comunidad microbiana nativa durante el proceso de biodegradación de un residuo procedente de estaciones de servicios.....	738
Análisis Comparativo entre las Metodologías de Vinculación Universidad - Empresa. Un Caso De Estudio	739
Desarrollo de modelos híbridos para la optimización de la gestión energética de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables, almacenamiento y consumo.	740
Competitividad internacional y performance exportadora.....	741
Innovaciones en el diseño del sistema "sach" de prevención de choques frontales para automóviles	742
Formación por competencias: Ejemplo de diseño de una actividad para integrar y movilizar saberes, y su evaluación.	743
Desarrollo de capacidades emprendedoras. Uso del modelo de rol.....	744

Índice “Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria”

Índice “Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria”	4
Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov”	5
Estudio comparativo de biomarcadores a partir de crudos provenientes de la Cuenca Austral y del Golfo	11
Aplicación de nuevas tecnologías para el monitoreo de la contaminación química inorgánica y orgánica en la cuenca riachuelo matanza: construcción de indicadores de prevención ambiental.....	20
Aplicación de herramientas, como estrategia ambiental, para mejorar la competitividad empresarial.....	31
Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos	42
Difusión y utilización de herramientas de calidad en ambientes técnicos e institucionales.....	48
Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.	58
Análisis estadístico de vientos de una zona de Bahía Blanca como recurso energético	69
Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo ..	75
Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido	79
Calidad de vida de habitantes de pueblos originarios cercanos a las litieras de la Puna salteña.....	90
Evaluación de la Producción de Compost en dimensión industrial a partir de RSU domiciliarios en la ciudad de Ushuaia	100
Simulación basada en dinámica de sistemas para la evaluación de sistemas de gestión de envases usados.....	112
Determinación de un Modelo Estándar de Proceso para el aprovechamiento de los Residuos Avícolas en el área del Gran Córdoba	122
Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos	134
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental de las industrias de la región.	144
Identificación y análisis de las variables clave de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria en Argentina	153
Gestión de la Calidad en la industria 4.0.....	163
Implantação de Total Productive Maintenance	175
Survey on thermal comfort in the metal industries.....	186

Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov”

Fauroux, Luis Enrique¹; Rinaldi, Pablo²; Eterovic, Jorge Esteban¹

⁽¹⁾ Dpto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nac. de La Matanza. F. Varela 1905. San Justo, Buenos Aires, Argentina. lfauroux@unlam.edu.ar

⁽²⁾ Dpto. de Cs. Ambientales y Gestión del agua. Universidad Nac. de Los Comechingones. Héroes de Malvinas s/n, Villa de Merlo, San Luis, Argentina.

RESUMEN

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, por barrios cerrados y/o clubes ribereños, para la obtención de energía limpia, y de bajo costo. Sin embargo, la eficiencia de una turbina flujo es afectada por la turbulencia que se genera a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido. La incorporación de una segunda carcasa produciría un efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se traduce en una succión dentro la turbina, y el consiguiente incremento en la velocidad de paso. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía. La dimensión de la turbina entonces es, indirectamente, una función de la velocidad del curso de agua, y la profundidad de su cauce. Con el objeto de mejorar la eficiencia se plantea el estudio del flujo mediante simulación FEM (Finite Element Method), usando gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado, sobre una turbina tipo Gorlov. Los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descriptos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, y las simulaciones serán realizadas en FreeFem++, entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución de ecuaciones diferenciales mediante elementos finitos, contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado, y visualizadores propios.

Palabras Claves: Simulación, Venturi, Microturbinas.

ABSTRACT

The implementation of hydraulic microturbines is an alternative evaluated, by closed neighborhoods and / or riverside clubs, to obtain clean, low-cost energy. However, the efficiency of a turbine flow is affected by the turbulence that is generated at its inlet, which acts as a “plug” effect for fluid entry. The incorporation of a second carcass would produce a Venturi effect, causing a depression downstream, which translates into a suction inside the turbine, and the consequent increase in the speed of passage. The benefit of this implementation is a better cost-benefit ratio in energy production. The size of the turbine is then, indirectly, a function of the speed of the watercourse, and the depth of its channel. In order to improve efficiency, the study of the flow by means of FEM simulation (Finite Element Method) is proposed, using external cabinets of simple geometry, such as sewer pipes, straight pipes, or conical, easily available on the market, on a Gorlov type turbine. Fluid mechanics phenomena can be described using the Navier-Stokes equations, and the simulations will be performed in FreeFem ++, a high-level integrated development environment for solving differential equations using finite elements, it contains stabilization algorithms, automated mesh generator, and own viewers.

1. Introducción

Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua, sobre el que se colocan, es de régimen permanente o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad. Se trata de dispositivos simples, de baja potencia. El presente trabajo tomó aquellas de hasta 1 kW. Si bien existen, en el mercado, algunas que alcanzan los 6 kW, éstas tienen un diámetro considerablemente mayor, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo los posibles beneficiarios.

Las Figura 1 corresponde a una de éstas micro turbinas comerciales, y la Figura 2 muestra cómo se observa en operación.



Fig. 1. Micro Turbina Gorlov

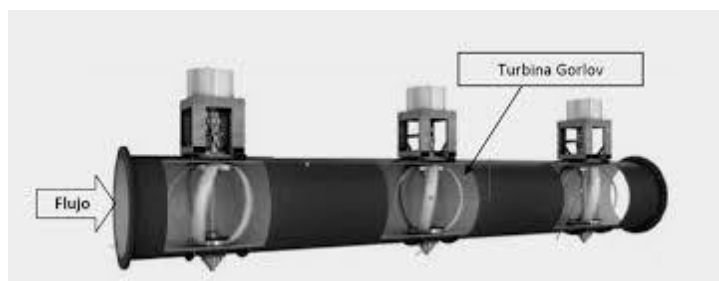


Fig. 2. Opción actual

En la Figura 2, se puede ya a intuir el problema a investigar. Todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento.

Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial. Las especificaciones de una microturbina como la de la Figura 1, se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Especificaciones de la micro turbina de referencia

1 Datos	2 Parámetros técnicos
generador de potencia nominal	0.6 kW
generador de potencia de salida máximo	12 kW
generador de potencia Real	Re: Curva de potencia Cuadro
objetivo actual velocidad	0.6 m/s-2.5m/s
mínimo ancho de vía fluvial	No menos de 900mm
bajo nivel de agua	No menos de 500mm
la frecuencia y la tensión de salida	50/60Hz monofásico 110 V-220 V*
la capacidad del inversor	monofásico 100V-500VA
peso del cuerpo principal de la turbina y tamaño	37 kg; W800mm x D820mm x H1450mm
voltaje de la batería	48 V
caja de control de potencia de salida	adaptado con 1 o 2
peso de la caja de Control y tamaño	17 kg; W310mm x D455mm x H205mm

2. El Efecto Venturi

La idea del efecto Venturi es una consecuencia del análisis de la problemática, si la turbulencia provoca una interferencia, pues hay que intentar evitarla, o deshacerla. Muchas son las aplicaciones que se le han dado a este efecto, siendo una de ellas la trampa de vacío. Figura 3

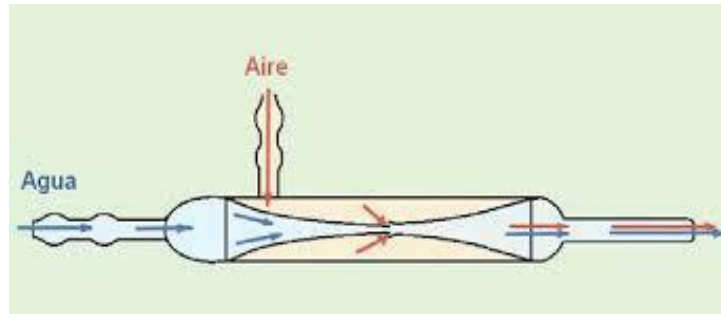


Figura 3 – Trampa de vacío

En una trampa de vacío, la corriente de agua circulante por el tubo central, abierto en el sentido del flujo, genera una pérdida de presión respecto del cuerpo que lo rodea, que a su vez está abierto al medio ambiente.

Análogamente, es posible pensar en una turbina instalada dentro de una nueva carcasa. La función de esta segunda tubuladura, es la de evitar la dispersión del flujo aguas abajo, conduciendo el flujo libre hacia el final de la turbina. El efecto Venturi provoca una depresión aguas abajo, a la salida de la turbina, que se traduce en una succión sobre la entrada, la que disgrega el “tapón”, y conseguiría una mayor velocidad de paso por la turbina. La consecuencia de estos hechos es el aumento de la producción de energía, sabiendo que no podrán sobrepasarse los límites de diseño.

3. Metodología

El objetivo es, en primer término, mejorar la eficiencia de turbinas hidráulicas sumergidas, y montadas en una pieza de geometría simple, mediante la aplicación de este efecto. Para ello se relevó la información correspondiente al diseño de turbinas y la simulación del diseño. A diferencia del montaje tradicional presentado en la Figura 2, se propuso estudiar la factibilidad de utilizar una turbina de eje co-lineal al flujo. Así se encontró una variante diseñada por Tesla, Figura 5

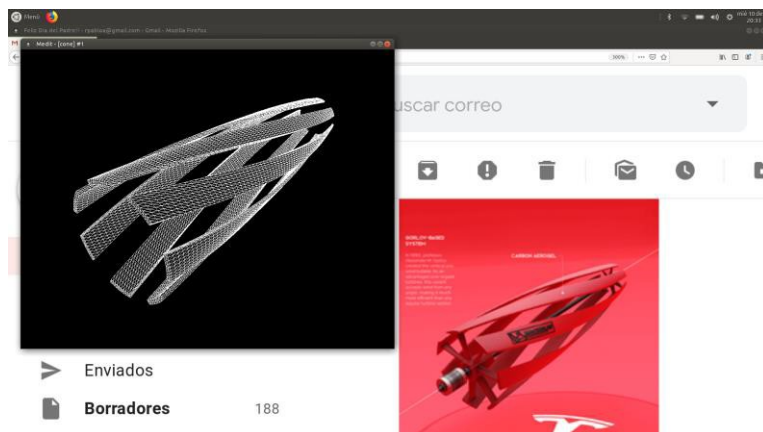


Figura 4 – Variante de turbina analizada

Por lo que el montaje a del caso de estudio está entonces representado por la Figura 5



Figura 5 – Caso de estudio, Caño de alcantarilla y turbina Gorlov horizontal

Las simulaciones se realizarán en FreeFem++, (Open Source software) entorno de desarrollo integrado de alto nivel (IDE), para la resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (PDE), en 2D y 3D, mediante elementos finitos. La simulación contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado (mesh generator), y visualizadores propios. Como

visualizador alternativo externo se utilizó Paraview (OpenSource). Presentamos una estrategia para calcular el movimiento de cuerpos rígidos en un fluido, basado en principios simples. Ilustra cómo se pueden simular fenómenos complejos directamente con el uso de los solvers de freefem++ [2, 5].

Se utilizará un enfoque conforme (en vez del método Euleriano), en donde el dominio ocupado por el fluido está cubierto por un mallado no estructurado, dado que para una microturbina el movimiento del fluido puede seguirse sin grandes deformaciones y de que no se trata de un cuerpo flotante [1, 2]. Se incluirá una estrategia de penalidad basada en término penal L^2 , usado para prescribir un valor (ej. U) para la velocidad dentro de una parte del dominio, simplemente se adiciona un término a la formulación variacional, $\int (v - U) \cdot v$, con v test-function [1]. Suponemos que el dominio Ω (2D o 3D) se llena con un fluido newtoniano de densidad ρ , viscosidad η , viscosidad dinámica ν , estando el proceso gobernado por la ecuación de Navier-Stokes [3, 4] aplicado a un problema de rotación de un cuerpo, O , en torno a un eje sin fricción (en este caso microturbina), como primera etapa de cálculo, se plantearan condiciones de contorno en las que la microturbina (Tesla o Gorlov) representa el obstáculo estático para el fluido dentro de una tubería, esto permitirá evaluar la turbulencia generada por álabes.

$$\nu = \eta/\rho \quad (1)$$

$$v_t + v \cdot \nabla v - \nu \nabla^2 v + \nabla p = a_{ext} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot v = 0 \quad (3)$$

Si el flujo es de alta viscosidad dinámica, como por ejemplo gasolina, petróleo o aceite en el modelo anterior el término convectivo puede ser despreciado y se obtiene el flujo de Stokes [3]:

$$v_t - \nu \nabla^2 v + \nabla p = a_{ext} \quad (4)$$

Se busca aplicar esta formulación a un problema de rotación de un cuerpo rígido, O , en este caso la microturbina, que representa un obstáculo que sigue un movimiento newtoniano en torno a un eje sin fricción, esto es,

$$\Omega/O = \Omega/O_{(t)} \quad (5)$$

esto se reduce a una ecuación en la velocidad angular (ω) entorno a un eje (o un punto en el caso 2D). Estas ecuaciones son acopladas a fuerzas hidrodinámicas que ejerce el fluido sobre el sólido. Finalmente la viscosidad impone condiciones de no deslizamiento en el contorno de O (microturbina): la velocidad del lado del fluido es igual a la velocidad del lado rígido. Tratándose de un fluido newtoniano en torno de un proceso dinámico se considerará el tensor de Cauchy (σ) y el de deformación linealmente relacionados, la forma compacta de escribir la relación velocidad de tensión- deformación es mediante la ley de Stokes [3]:

$$\sigma = -pI + 2\eta \nabla^2 v \quad (6)$$

Las condiciones de contorno son las usuales para flujos a través de un obstáculo,

$$v = v_\Gamma \quad (7)$$

en el contorno Γ ; y salida libre de fluido en la cara del lado trasero de la turbina se planteará con condiciones de contorno de Neumann. En este sector se considera de tracción cero, esto es :

$$\sigma \cdot n = -pn + \nu(n \cdot \nabla)v = 0 \quad (8)$$

Por supuesto para los álabes de la turbina se cumple que $\sigma \cdot n \neq 0$. Por ser un objeto móvil en un fluido incompresible la tensión (σ) debe calcularse en cada paso de la simulación. Numéricamente la fuerza normal será

$$F_N = -p + 2\nu \partial v_n / \partial n = 0 \quad (9)$$

con τ vector tangencial, de acuerdo a las condiciones de contorno planteadas para la velocidad $\partial v_\tau / \partial n = 0$, por lo tanto, una fuerza tangencial

$$F_\tau = \nu (\partial v_\tau / \partial n + \partial v_n / \partial \tau) \quad (10)$$

Para tomar en cuenta las fuerzas hidrodinámicas se agregaran condiciones de acoplamiento en las que se calcula el momento ejercido por el fluido en la turbina

$$v = \omega \times (r - r_0) \tag{11}$$

$$I(d\omega / dt) = - \int ((r - r_0) \times \sigma) \cdot n \tag{12}$$

Siendo I , el momento de inercia, realizándose la integración sobre el área de la microturbina. Para que el planteo 3D sea consistente desde un punto de vista conceptual el rendimiento óptimo de turbina se conseguirá para el diseño que minimice la fuerza de fricción y evite la acumulación de líneas de corriente (o distribución irregular). Para el cálculo de la fuerza de fricción se busca integrar la fuerza en toda el área de la microturbina calculando el gradiente de la velocidad en dirección normal y tangencial

$$F \sim v (\partial v_n / \partial n + \partial v_n / \partial \tau) \tag{13}$$

4. RESULTADOS

Cabe destacar que, en ejecuciones previas, fueron ajustándose tanto el espaciado entre la carcasa y la turbina, como las longitudes de los bordes de ingreso, y egreso. Así, y utilizando los conceptos mencionados, se realizaron simulaciones donde se agregó la tubuladura a una turbina std. Los resultados arrojaron que, en efecto se logra disminuir la presión a la entrada de la turbina, si se monta sobre una tubuladura de geometría simple, Figura 6.

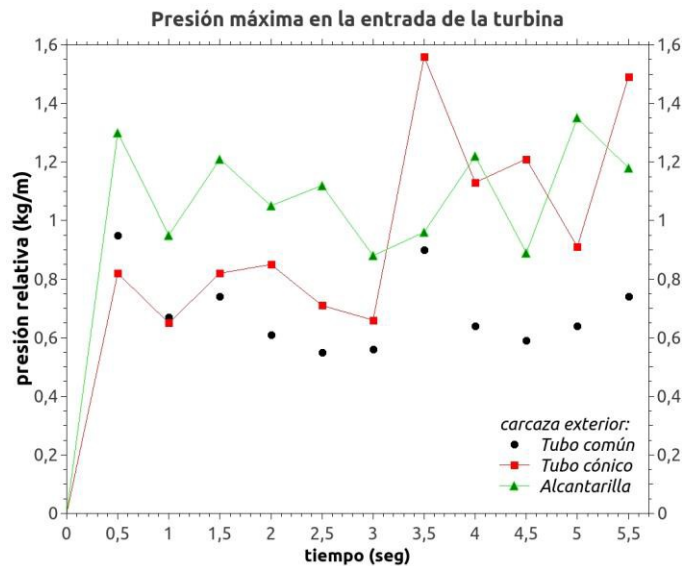


Figura 6 – Comparativa de presiones según el montaje

5. CONCLUSIONES

La conclusión es que el montaje de la turbina dentro de un cuerpo adecuado mejora su eficiencia rompe con el efecto “tapón”, disminuyendo la presión a la entrada, lo que implica que se ha logrado aumentar la velocidad en la turbina. Cabe destacar que no es posible aumentar el rendimiento absoluto de la turbina, sino su eficiencia, o rendimiento relativo, aunque disminuya la velocidad del curso de agua.

Dado que el objetivo es, en primer lugar, comprobar si el efecto Venturi es capaz de mejorar su eficiencia, queda abierta una nueva línea de investigación orientada hacia el diseño y modelización. En caso de requerir aliviar el costo computacional en la simulación 3D, se integrará un algoritmo de proyección como método de penalidad para resolver las ecuaciones de Navier- Stokes no estacionarias. Debido a la presencia del término convectivo no lineal, y no simétrico, en la ecuación de momentos, en flujos de alto Reynolds aparecen problemas de estabilidad numérica. Tal es el caso del flujo en un río, ya que domina la convección, y para este problema, la formulación estándar Galerkin es inestable. Las técnicas de estabilización, tales como SUPG (Streamline-Upwind-Petrov-Galerkin), GLS (Galerkin Least-Squares), SGS (Sub-Grid Scale), o LS (Least-Squares), deben usarse, para obtener soluciones significativas mediante elementos finitos, en flujos de este tipo.

Otra fuente de dificultad numérica encontrada, es la condición de incompresibilidad. La ecuación de continuidad, para un fluido incompresible, consiste en una restricción en el campo de velocidad, libre de divergencia. Luego, la presión tiene que ser considerada como una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de Navier-Stokes, tiene

el propósito de introducir un grado de libertad adicional, necesitado para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, actuando como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, y así, generando un acoplamiento entre la velocidad, y la presión desconocidos.

Es común en dinámica de fluido computacional (CFD), proveer una instantánea de un campo de flujo, dibujando una familia de líneas de corriente (curvas a ψ constante y V tangente). En el contexto de elementos finitos, los contornos de líneas de corriente (con intervalos especificados en ψ , entre pares de líneas de corriente vecinas), son obtenidas integrando numéricamente, a lo largo de los lados de los elementos, o bien, a través de la solución de una ecuación de Poisson [3,5].

Además, se realizará un relevamiento para la evaluación económica para la implementación de la propuesta. Por otro lado, los costos de energía han aumentado en estos últimos años, lo que permite proponer soluciones con períodos de amortización aceptables.

6. REFERENCIAS

- [1] S. del Pino, B. Maury; 2D/3D turbine simulations in freefem ++, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain 2007.
- [2] A. Lefebvre; Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS, July 2007, Vol. 18, pp120 -132.
- [3] Jean Donea and Antonio Huerta, Finite Element Method for Flow Problems, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [4] O. C. Zienkiewics and R. L. Taylor, The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics, Ed. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.
- [5] Y. Achdou, J.L. Guermond; Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations, SIAM J. Numer. Anal. 37 (2000), no. 3, 799–826.

Estudio comparativo de biomarcadores a partir de crudos provenientes de la Cuenca Austral y del Golfo

Tomas, German; Vargas Walter; Acuña, Adrián.*

*Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. De los Inmigrantes 555. quimico90@gmail.com (C.P. 9400)*

RESUMEN

El petróleo o "aceite de roca" es un recurso no renovable que se puede separar en 4 grandes fracciones (alifáticos, aromáticos, resinas y asfáltenos). Las dos primeras fracciones contienen moléculas específicas de importancia para la Geoquímica Orgánica conocidas como "Biomarcadores". El objetivo de este trabajo fue determinar los perfiles de biomarcadores (isoprenos, hopanos y esteranos, etc) para dos muestras de crudo pertenecientes a la Cuenca Austral (CA) y dos a la Cuenca del Golfo (CG). Para tal fin las muestras de crudo fueron sometidas a una separación de sus fracciones alifáticas y aromáticas por cromatografía en columna de sílica gel y los extractos obtenidos fueron analizados por separado por cromatografía gaseosa con detección de masas estudiando los iones característicos para los diferentes compuestos de interés. Con los datos obtenidos se calcularon diferentes relaciones de diagnóstico como ser Pr/Fi, Pr/n-C₁₇, Fi/n-C₁₈, Ts/Tm, entre otros. Los resultados mostraron como a partir del estudio de biomarcadores pueden establecerse diferencias entre las muestras a nivel de una misma cuenca y más aún si se hace entre cuencas. Las muestras de la CG se caracterizaron por un ambiente de deposición más anóxico, mayores niveles de biodegradación del crudo y un aporte de materia orgánica predominantemente marino ya que la relación Pr/Fi fue cercano a 1; en el caso de las relaciones Pr/n-C₁₇ y Fi/n-C₁₈ los valores se ubicaron por encima de 0,5 y en estas muestras se detectó la presencia de metilsteranos (S₃₀). Como conclusión podemos destacar que el estudio de los biomarcadores constituye una poderosa herramienta para caracterizar un yacimiento a partir de muestras obtenidas de él, y que como aspecto secundario esto permite marcar las diferencias existentes ellas.

Palabras Claves: Madurez Térmica, Ambiente de Deposición, Litología, Materia Orgánica.

ABSTRACT

Oil or "rock oil" is a non-renewable resource that can be separated into four large fractions (aliphatic, aromatic, resins and asphaltene). The first two fractions contain specific molecules of importance for the Organic Geochemistry known as "Biomarkers". The objective of this work was to determine the profiles of biomarkers (isoprene, hopanes and steranes, etc) for two samples of crude oil belonging to the Austral Basin (CA) and two to the Gulf Basin (CG). For this purpose the crude samples were subjected to a separation of their aliphatic and aromatic fractions by silica gel column chromatography and the obtained extracts were analyzed separately by gas chromatography with mass detection studying the characteristic ions for the different compounds of interest. With the obtained data, different diagnostic ratios were calculated such as Pr/Fi, Pr/n-C₁₇, Fi/n-C₁₈, Ts/Tm, among others. The results showed how, from the study of biomarkers, differences can be established between the samples at the level of the same basin and even more if it is done between basins. GC samples were characterized by a more anoxic deposition environment, higher levels of crude biodegradation and a contribution of predominantly marine organic matter since the Pr/Fi ratio was close to one; in the case of the Pr/n-C₁₇ and Fi/n-C₁₈ ratios, the values were located above 0.5 and in these samples the presence of methylsteranes (S₃₀) was detected. In conclusion, we can highlight that the study of biomarkers is a powerful tool to characterize a site from samples obtained from it, and that as a secondary aspect this allows to mark the existing differences.

1. INTRODUCCIÓN

Los biomarcadores son moléculas complejas presentes en el petróleo y que se caracterizan por su elevada estabilidad durante los procesos que le dieron origen (diagénesis, catagénesis y metagénesis), es decir, son aquellos compuestos que pueden ligarse de forma inequívoca con sus precursores biológicos (terpenoides y esteroides) ya que el esqueleto de carbonos se preserva [1]. En comparación con las concentraciones de los precursores biogénicos en los sedimentos, las concentraciones de biomarcadores en el petróleo son bajas, a menudo no alcanzando las cien partes por millón. Sin embargo, pueden ser detectados a pesar de la presencia de una amplia variedad de otros tipos de hidrocarburos en el petróleo mediante el uso de la espectrometría de masas acoplada a la cromatografía de gases (GC-MS) [2].

El petróleo se puede separar en una fracción alifática, aromática, resina y asfáltenos. En cada una están presentes los biomarcadores, pero las resinas y los asfáltenos no se volatilizan por debajo de 350°C por lo que sólo se trabaja con los biomarcadores presentes en las fracciones más livianas del crudo [3, 4]. El petróleo tiene una composición variable la cual depende de la roca madre que lo generó, del régimen térmico que predominó durante su formación, de la migración geológica y de las condiciones del yacimiento. La importancia del conocimiento geoquímico radica en la gran utilidad que tienen los biomarcadores para detectar el ambiente de depósito al identificar la acumulación de cierto tipo de organismos, ya que en cada crudo son un reflejo de la clase de materia orgánica que se encuentra en los sedimentos, así como de los procesos químicos a los que fueron sometidos después de la sedimentación [5, 6]. Estas combinaciones de moléculas, con sus respectivas reacciones químicas son únicas y varían dependiendo de la cuenca y/o campo, por lo que son indicadores de ubicaciones específicas. Además, permiten sugerir la madurez de la roca generadora, el tipo de litología y el aporte de material orgánico. A su vez estas huellas geoquímicas son utilizadas para comparar un petróleo con una muestra de su potencial roca generadora, y vincularlo (o no) a su fuente a través de dicha huella [7, 8].

1.1. Tipos de Biomarcadores

Los biomarcadores más estudiados debido a la facilidad con la que se determinan por las técnicas analíticas son el Pristano (Pr) y el Fitano (Fi), diterpanos alicíclicos que derivan de la molécula de fitol asociada a la estructura de la clorofila. Son muy importantes para determinar la biodegradabilidad de crudos en cortos períodos de tiempo. Otros compuestos son los esteranos que están por una molécula orgánica que consta de tres anillos de ciclohexano, un anillo de ciclopentano y una cadena lateral; en el caso que presenten aromaticidad pueden ser mono o triarómicos. Los diasteranos son esteranos reordenados que no tienen precursores biológicos, y es más probable que se formen durante la diagénesis y la catagénesis. Un tercer grupo son los hopanos. Estos se caracterizan por ser moléculas formadas por cuatro anillos de seis carbonos y un anillo de cinco carbonos. Por lo general, la presencia de hopanos se asocia con un aporte importante de ácidos hopanoides de origen bacteriano. Además de los biomarcadores, en los estudios geoquímicos también se analiza la presencia y concentración de otras moléculas conocidas como marcadores aromáticos que complementan la información suministrada por los biomarcadores. A este grupo pertenecen los naftalenos, fenantrenos, dibenzotiofenos, entre otros [1, 9, 10].

1.2. Caracterización Integral de Yacimientos

La caracterización geoquímica no convencional de yacimientos petrolíferos en Argentina no está difundida, por lo que este campo del conocimiento es poco utilizado en nuestro país. Este tipo de análisis usando biomarcadores históricamente les permitió a los geoquímicos del petróleo caracterizar crudos en términos de:

- medios deposicionales: es decir, cómo era el ambiente cuando la materia orgánica comenzó a depositarse en la roca madre. Era un ambiente rico o pobre en oxígeno, era terrestre, lacustre o marítimo [11].
- madurez de la materia orgánica: hace referencia a cuanto se ha transformado la materia orgánica en su camino a formar crudo. Yacimientos pocos maduros son ricos en las fracciones más livianas (alifáticas y aromáticas) y yacimientos maduros se caracterizan por tener en su composición un mayor porcentaje de las fracciones más pesadas [6, 8].
- fuentes biológicas de materia orgánica sedimentaria: es decir, si los organismos a partir de los cuales el petróleo se originó son terrestres o acuáticos (animales, plantas, hongos, protozoarios, bacterias, archaeas) [12, 13].
- conocer el tipo de petróleo para establecer si es parafínico, asfáltico o de base mixta [14].
- evaluar la migración y el grado de biodegradación basado en la pérdida de alcanos, isoprenoides, compuestos aromáticos, terpanos y esteranos [11].

1.3. Medio Ambiente

Parte de la legislación vigente en materia ambiental busca establecer el grado de contaminación que posee el ambiente sometido a una actividad industrial como a determinar su origen. En el caso particular de las contaminaciones con petróleo, la implementación de la caracterización geoquímica no convencional de petróleos de diferentes procedencias sirve para dar respuesta a este tipo de problema ya que puede generar información muy específica y de gran importancia para las investigaciones forenses medioambientales en términos de: determinar el origen de los hidrocarburos derramados, la diferenciación y la correlación de los petróleos, el comportamiento de los hidrocarburos en el medio ambiente y el seguimiento del proceso de degradación a la intemperie en una amplia variedad de condiciones ambientales. Además esto puede extenderse a

(1) la comercialización fraudulenta de crudos y derivados porque permite identificarlos bajo condiciones de procedencia dudosa y/o incautamiento por sospecha de hurto, (2) conocer el rendimiento de los distintos métodos de degradación de los residuos del petróleo, principalmente los que se refieren al empleo de microorganismos. Asimismo se puede evaluar la eficacia del uso de diferentes fertilizantes o catalizadores que intervienen en la proliferación de las bacterias y, en consecuencia, en la degradación de los productos del petróleo [15, 16].

En determinadas ocasiones las muestras que se comparan son químicamente similares, es decir, los perfiles de hidrocarburos exhiben pocas variaciones entre ellos lo cual dificulta la resolución del problema. Además hay situaciones en las que existe más de una fuente sospechosa responsable de un derrame accidental o intencional de hidrocarburos. Estas problemáticas pueden ser resueltas mediante el examen y la comparación de los patrones de biomarcadores y sus perfiles debido a que son ampliamente utilizados para la correlación de petróleos en los estudios forenses ambientales. Para identificar las fuentes de los derrames que se producen de manera accidental y/o intencional se contrasta las muestras sospechosas y testigos, se comparan las distribuciones de los biomarcadores tanto cuali como cuantitativamente. Si al hacer los análisis pertinentes tienen lugar una o más de las siguientes condiciones existe una elevada probabilidad de que exista correspondencia entre las muestras: (1) los biomarcadores detectados en las muestras de derrames se pueden encontrar en la fuente sospechosa; (2) los patrones de distribución y los perfiles de biomarcadores coinciden; (3) hay coincidencia en la abundancia de biomarcadores; (4) se detectan compuestos "fuente-específicos" o biomarcadores desconocidos o (5) las relaciones de diagnóstico de los principales biomarcadores coinciden [15, 16].

Un ejemplo muy difundido de la importancia de los biomarcadores para estudios forenses es el caso del hidrocarburo derramado en Prince William Sound (PWS) en Alaska, sitio del derrame de petróleo del Exxon Valdez de 1989. En este caso los biomarcadores resultaron fundamentales para la caracterización del derrame y establecer el alcance de las zonas afectadas por el accidente [15, 16].

1.4. Cuenca Austral y Cuenca del Golfo

Las cuencas petroleras son depresiones de la corteza terrestre formada por la actividad tectónica de las placas en las que se acumulan sedimentos. Con forma de cubeta o fosa alargada han sido zonas geológicamente favorables para la formación y acumulación de hidrocarburos. Las Cuencas del Golfo y Austral están ubicadas al sur de la Patagonia Argentina. La Cuenca del Golfo es de tipo intracratónica, predominantemente extensional, con una orientación general Este-Oeste, desde la cordillera de los Andes al Océano Atlántico; su basamento está compuesto por un complejo volcánico-sedimentario. La Cuenca Austral se caracterizó por un ciclo tectónico transgresivo caracterizado que dio lugar a la Formación Inoceramus Inferior compuesta de lutitas ricas en materia orgánica. Luego a la Formación Margas Verdes, representada por lutitas y pizarras marinas. Las areniscas típicas de la cuenca están representadas por el Magallanes Inferior (Paleoceno-Eoceno) compuesto por areniscas glauconíticas y de cuarzo y lutitas, depositadas en un entorno marino y el Magallanes Superior (Eoceno - Mioceno) compuesto por conglomerados, areniscas, lutitas y lechos de lignito [17].

1.5. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es comparar las características de la Cuenca Austral y del Golfo a partir del estudio químico no convencional de muestras de petróleo crudo provenientes de ellas.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Muestras

Las muestras de petróleo denominadas "COA1 y COA2" (Cuenca Austral) y "COG3 y COG4" (Cuenca del Golfo) fueron tomadas directamente de los yacimientos de forma representativa bajo las normas de muestreo propias de cada empresa operadora de la zona de colección. Las mismas se recibieron en botellas de un litro limpias, de color caramelo para evitar la fotooxidación y se evitó la presencia de una cámara de aire por encima del fluido para minimizar el impacto del oxígeno sobre la estabilidad de las muestras. Fueron almacenadas en lugares oscuros, secos y a temperatura ambiente hasta el momento en que se procedió a llevar a cabo los análisis pertinentes.

2.2 Acondicionamiento de las muestras de petróleo

Aproximadamente 100 µL de petróleo se diluyeron en 10 mL de pentano, seguidamente se realizó la limpieza del mismo con sílica gel para retener a los asfáltenos hasta obtener un sobrenadante traslucido. Finalmente se filtró el extracto y se transfirió a un vial para cromatografía. Por otro lado, 100 µL de petróleo fueron sometidos a una separación en columna de sílica gel para obtener sus fracciones alifáticas y aromáticas. Para esto se utilizó una columna de vidrio empaquetada con 3 g de sílica gel activada (105°C, 24 hs), a la cual se le colocó en su parte superior 50 mm de sulfato de sodio activado y 50 mm de alúmina activada. Luego se eluyó con 10 mL de n-pentano y 10 mL de diclorometano para obtener las fracciones alifáticas y aromáticas respectivamente. Ambos extractos se concentraron por separado hasta 0,5 mL bajo corriente de nitrógeno y se transfirieron a un vial de cromatografía. Los tres extractos preparados fueron conservados a -15 °C hasta su análisis.

2.3 Análisis cromatográficos

Un volumen de 1 µL del extracto de petróleo obtenido se inyectó en modo split con relación 1:10 en un cromatógrafo de gases, mientras que las fracciones alifáticas y aromáticas se inyectaron en modo splitless. La separación cromatográfica se efectuó en un cromatógrafo gaseoso marca Agilen modelo 7890A, con detector por espectrometría de masas de la misma marca modelo 5975C. Se empleó una columna HP5ms de 30 m de longitud, por 0,32 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de film. Se fijó la temperatura del inyector en 290°C y se empleó He como gas portador (*carrier*) con un flujo de 1,2 mL/min. La rampa de temperatura fue la siguiente: temperatura inicial de 55 °C durante 2 min, rampa de 6 °C/min hasta 270 °C pasando directamente a otra rampa de 3 °C/min hasta 300 °C, permaneciendo en esta temperatura durante 17 min. El tiempo total de corrida fue de 65 min aproximadamente. El detector de masas se utilizó con una temperatura de la fuente de iones y la línea de transferencia de 230°C y 180°C respectivamente y una energía de impacto de 70 eV. El escaneo de masas entre 29 y 400 uma se realizó en modo Scan para analizar los extractos de petróleo y de la fracción aromática, y en modo SIM para los iones 191 y 217 para el extracto de la fracción alifática.

2.4 Análisis de datos

Al momento de procesar toda la información obtenida en un estudio de biomarcadores, es decir, analizar la presencia/ausencia y concentración de estos en las muestras analizadas, los resultados más importantes derivan de las Relaciones de Diagnóstico. Para obtener estas relaciones se debe tomar uno o más biomarcadores pertenecientes a un grupo en particular y dividirlos con uno o más biomarcadores de otro o del mismo grupo. Con este procedimiento, aunque las concentraciones independientes de los biomarcadores varíen, las relaciones de diagnóstico permanecen constantes lo que permite entre otras cosas contrastar muestras. Para esto, se estudiaron los compuestos Pr, Fi y n-alcanos a partir de los extractos de petróleo, los hopanos y esteranos a partir de los extractos de las fracciones alifáticas, y los compuestos de tipo aromáticos a partir de los análisis cromatográficos de los extractos aromáticos. A continuación, se detallan algunas relaciones de diagnóstico utilizadas por los geoquímicos orgánicos y que serán utilizadas en este estudio mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$Pr/Fi = Pristano/Fitano \quad (1)$$

$$Ts + Tm/Ts = Trisnorneohopano + Trisnorhopano/Trisnorneohopano \quad (2)$$

3. RESULTADOS

3.1 Isoprenoides

En la Figura 1 se observan los Cromatogramas de Iones Totales (TIC) para las dos muestras de la Cuenca Austral (COA1 y COA2). Se observa que la muestra COA1 posee un contenido medianamente equilibrado de n-alcenos con el heptadecano (n-C17) como mayor componente, para luego disminuir progresivamente. La muestra COA2 exhibe un decrecimiento asintótico desde el octano (n-C8) y su contenido en hidrocarburos es menor demostrando ser un crudo más liviano. La muestra COG3 perteneciente a la Cuenca del Golfo (Figura 1) se caracteriza por una fuerte presencia de compuestos n-alcenos hasta el pentacosano (n-C25), esto sugiere que estamos ante un crudo pesado. Por otro lado, en COG4 se observa un fuerte levantamiento de la línea de base y una baja presencia de la mayoría de compuestos presentes en COG3, lo que deja de manifiesto que la muestra ha sufrido una fuerte degradación [18].

El Pr y el Fi son los isoprenoides más importantes debido a la concentración en la que se encuentran en las muestras de crudo. La relación entre estos (Pr/Fi) y la que se obtiene de ellos con sus alcanos normales (n-C17 y n-C18) proporciona relevante información [5]. En la Tabla 1 se detallan los valores para las relaciones de diagnóstico Pr/Fi, Pr/n-C17 y Fi/n-C18. Los valores de la relación Pr/Fi para las muestras de la Cuenca Austral se ubican en torno a 2, lo cual sugiere que la materia orgánica que dio lugar a estos petróleos es un kerógeno tipo II-III (Mixto), el ambiente de deposición es subóxico y una madurez térmica intermedia a alta. Para COG3 y COG4; Pr/Fi es aproximadamente 1 por lo que el kerógeno precursor del crudo es de tipo II (Marino), el ambiente es anóxico y la presión térmica baja a intermedia.

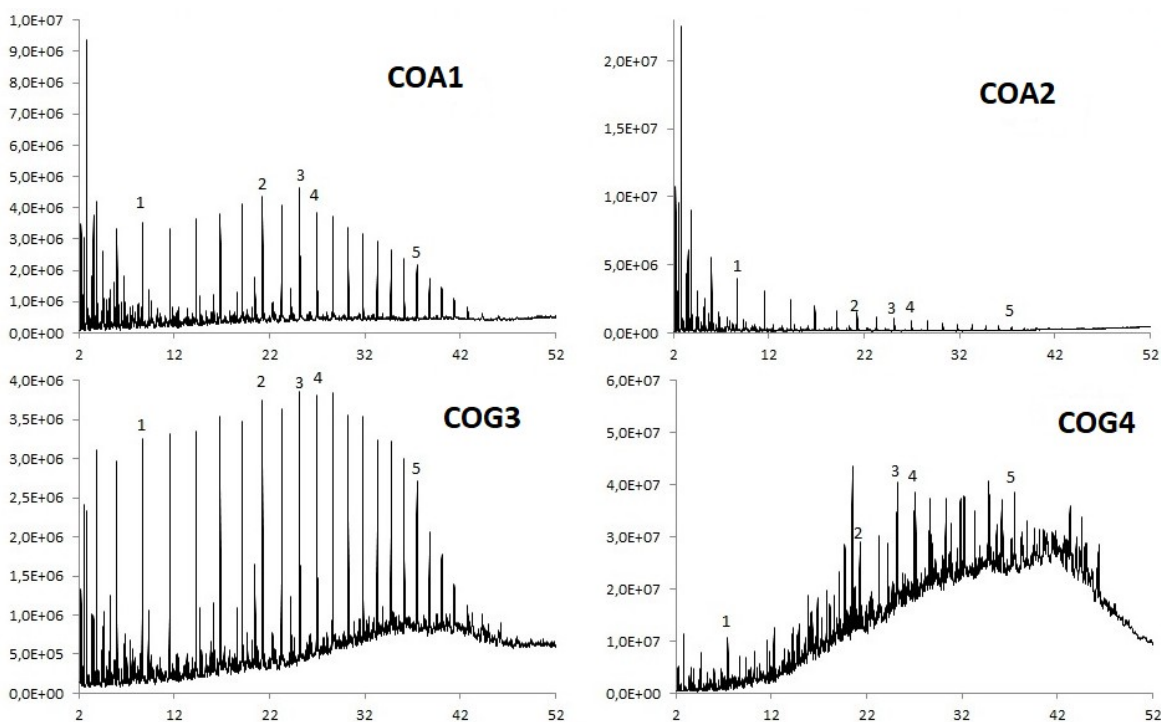


Figura 1 TIC para las muestras estudiadas. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados con números son los siguientes: 1 (n-10), 2 (n-15), 3 (n-17), 4 (n-18) y 5 (n-25).

Tabla 1 Relaciones de Diagnóstico (RD) de alcanos e isoprenoides.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
Pr/Fi	1,81	2,05	1,06	0,88
Pr/n-C ₁₇	0,52	0,29	0,40	1,66
Fi/n-C ₁₈	0,32	0,17	0,38	1,81

3.2 Hopanos

Los Terpanos Tricíclicos y los Hopanos son considerados los componentes más importantes del petróleo para determinar el origen de la materia orgánica precursora de este ya que conservan mejor la estructura de los componentes biológicos de los que proceden. Los hopanoides son precursores biológicos relacionados a la membrana celular de procariotas. En los cuatro fragmentogramas correspondientes a la Figura 2 se observan una serie de picos a la izquierda que corresponden a los terpanos tricíclicos asociados a algas y a la derecha a partir del pico identificado con el número 5 empiezan a aparecer los hopanos que derivan de bacterias. Para las muestras de la Cuenca Austral hay una predominancia de hopanos por lo que hay mayor aporte bacteriano a la materia orgánica precursora. En cambio COG3 y COG4 poseen en predominancia terpanos lo que denota un mayor aporte algal [19].

A partir de los datos presentados en la Tabla 2, se sugiere que para COG3 y COG4 la roca madre tiene su origen en facies más carbonáticas ($H_{29}/H_{30} > 1$), para COA1 y COA2 el carácter siliciclástico es más pronunciado al oscilar sus valores en torno a 0,8. Otro indicador a tener en cuenta es el que resulta de la relación entre el Gamacerano (G_{30}) y el Hopano (H_{30}) (Tabla 2), cuanto mayor valor tome este parámetro el carácter carbonático es mayor. Como puede apreciarse la presencia de Gamacerano es mayor para las muestras de la Cuenca del Golfo, lo que va a la par de lo obtenido para H_{29} [20].

El Trisnorhopano (T_m) y el Trisnorneohopano (picos 5 y 6 respectivamente en la Figura 2) son dos hopanos ampliamente utilizados para determinar madurez térmica. A medida que la madurez se incrementa T_m se convierte en T_s por lo que bajos valores de la relación T_s/T_m es indicativo de crudos inmaduros. Todas las muestras se encuentran dentro de la ventana de generación de petróleo porque sus valores están por encima de 0,33 (Tabla 2). Cabe destacar que no se pueden realizar comparaciones de madurez entre las muestras utilizando esta relación ya que las mismas no pertenecen a las mismas facies orgánicas [21].

Tabla 2 Relaciones de Diagnóstico (RD) de hopanos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
H_{29}/H_{30}	0,84	0,87	1,04	1,17
$(G_{30}/G_{30} + H_{30}) * 100$	4,32	-	13,61	14,14
T_s/T_m	1,21	0,60	0,56	0,60

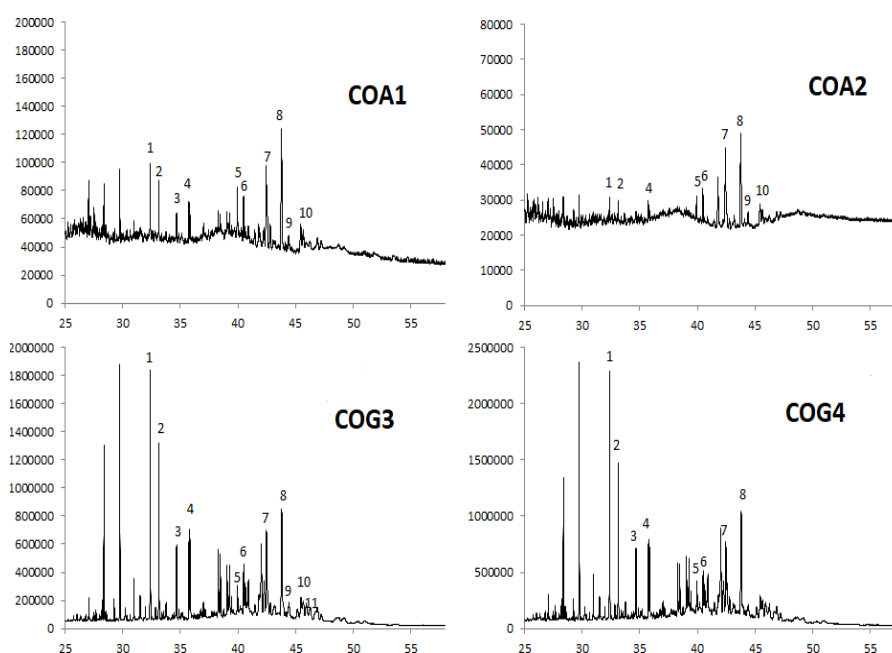


Figura 2 Fragmentogramas para el ión 191. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados con números son los siguientes: 1 (T23), 2 (T24), 3 (T25), 4 (T26), 5 (T_s), 6 (T_m), 7 (H_{29}), 8 (H_{30}), 9 (M30), 10 (H31) y 11 (G30).

3.3 Esteranos

La relación de diagnóstico D_{27}/S_{27} es un indicador del ambiente de sedimentación y del tipo de litología de la roca madre. En la Figura 3 se puede observar como COG3 y COG4 pertenecientes a la misma cuenca destacan por una mayor preponderancia de un ambiente anóxico y una roca generadora tipo carbonática ya que los picos D_{27} están por debajo respecto a S_{27} con los valores expresados en la Tabla 3. En el caso de COA1 y COA2 (Figura 3) el ambiente se torna subóxico y con un mayor aporte siliciclástico. La relación entre los porcentajes relativos de los esteranos S_{27} , S_{28} y S_{29} se puede visualizar en la Tabla 3, donde COA1 y COA2 están asociadas a litología del tipo lutitas marinas (clastos) y rocas fuente tipo carbonáticas. COG3 y COG4 a rocas fuente tipo carbonáticas [22].

Tabla 3 Relaciones de Diagnóstico (RD) de esteranos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
D_{27}/S_{27}	1,23	0,83	0,42	0,30
S_{27} (%)	41,77	37,85	24,55	27,53
S_{28} (%)	29,22	35,65	31,71	28,97
S_{29} (%)	29,01	26,50	43,74	43,50

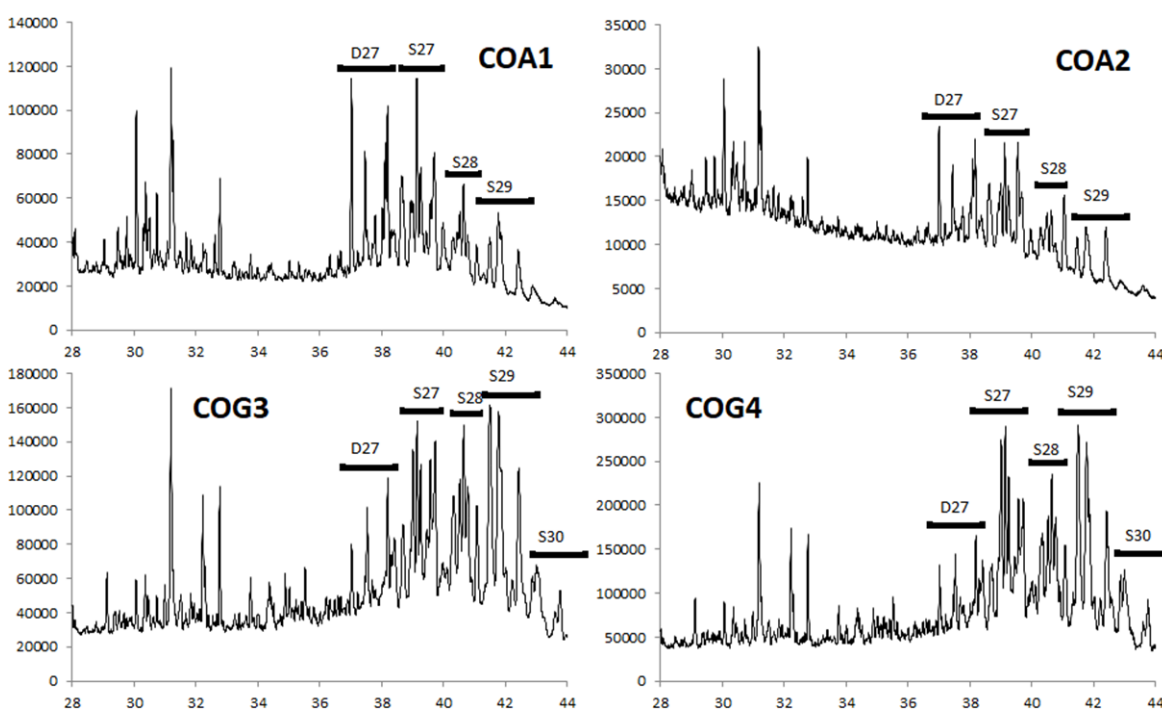


Figura. 3 Fragmentogramas para el ión 217. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados son D_{27} (diasteranos $n-27$), S_{27} (colestanos), S_{28} (ergostanos), S_{29} (estigmastanos) y S_{30} (metilesteranos).

3.4 Compuestos Aromáticos

Un parámetro utilizado para determinar el nivel de madurez es el índice de metilfenantreno (IMP), que se basa en la distribución de metilfenantreno y sus homólogos metilados. Éstos pueden derivar de esteroides y triterpenoides del material biológico de partida; o bien pueden originarse a partir de reacciones de metilación del fenantreno. Los isómeros que son más estables desde el punto de vista termodinámico son el 2-MP y 3-MP frente al 1-MP y 9-MP por lo que un aumento de la temperatura favorece el cambio entre isómeros 1-MP y 9-MP a 2-MP y 3-MP. En base a esto mayores valores del IMP están asociados a crudos más maduros que según los resultados (Tabla 4) serían los de la Cuenca Austral [18].

La reflectancia de vitrinita Ro (%) constituye el parámetro más importante al momento de determinar la madurez térmica de un crudo. La evolución térmica de un crudo está regida por valores crecientes de Ro (%). COG3 y COG4 (Tabla 4) son entonces petróleos menos maduros que COA1 y COA2 [18].

Tabla 4 Relaciones de Diagnóstico (RD) de compuestos aromáticos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
IMP	0,88	1,31	0,62	0,46
Ro (%)	0,92	1,16	0,78	0,69

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que la caracterización química no convencional de crudos a través del estudio de biomarcadores constituye una eficaz herramienta para comparar crudos procedentes de diferentes yacimientos y más aún si proceden de cuencas diferentes. Los valores de las relaciones de diagnóstico generadas a partir de isoprenoides, hopanos, esteranos y compuestos aromáticos reflejan que las muestras procedentes de la Cuenca Austral proceden de un ambiente con moderada presencia de oxígeno, una litología con fuerte influencia siliciclástica, materia orgánica predominantemente bacteriana y una madurez térmica moderada a elevada. En cambio los crudos de la Cuenca del Golfo se formaron en un entorno anóxico, con una roca madre carbonática, materia orgánica algal y a temperaturas tales que exhibe una madurez baja a media.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Philp, R.P. (1985). "Fossil Fuel Biomarkers". Applications and Spectra. Elsevier, Amsterdam.
- [2] Hostettler, F; Lorenson, T; Bekins, B. (2013). "Petroleum fingerprinting with organic markers". Environmental Forensics, 14, 262-277.
- [3] McKenna, A; Donald, L; Fitzsimmons, J; Juyal, P; Spicer, V; Standing, K; Marshall, A; Rodgers, R. (2013). "Heavy petroleum composition. 3. Asphaltene aggregation". Energy & Fuels, 27, 1246-1256.
- [4] Podgorski, D; Corilo, Y; Nyadong, L; Lobodin, V; Bythell, B; Robbins, W; McKenna, A; Marshall, A; Rodgers, R. (2013). "Heavy petroleum composition. 5. Compositional and structural continuum of petroleum revealed". Energy & Fuels, 27, 1268-1276.
- [5] Hughes, W; Holba, A; Dzou, L. (1995). "The ratios of dibenzothiophene to phenanthrene and pristane to phytane as indicators of depositional environment and lithology of petroleum source rocks". Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 3581-3598.
- [6] El Diasty, W; Moldowan, J. (2012). "Application of biological markers in the recognition of the geochemical characteristics of some crude oils from Abu Ghraib basin, north Western desert – Egypt". Marine and Petroleum Geology, 35, 28-40.
- [7] Maslen, E; Grice, K; Le Métayer, P; Dawson, D; Edwards, D. (2011). "Stable carbon isotopic compositions of individual aromatic hydrocarbons as source and age indicators in oils from western Australian basins". Organic Geochemistry, 42, 387–398.
- [8] Adedosu, T; Sonibare, O; Tuo, J; Ekundayo, O. (2012). "Biomarkers, carbon isotopic composition and source rock potentials of Awgu coals, middle Benue trough, Nigeria". Journal of African Earth Sciences, 66–67, 13–21.
- [9] Peters, K.E; Moldowan, J.M. (1993). The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA,
- [10] Wang, Z; Fingas, M. (2003). "Development of oil hydrocarbon fingerprinting and identification techniques". Marine Pollution Bulletin, 47, 423–452.
- [11] Sivan, P; Datta, G; Singh, R. (2008) "Aromatic biomarkers as indicators of source, depositional environment, maturity and secondary migration in the oils of Cambay Basin, India". Organic Geochemistry, 39, 1620-1630.

- [12] Sephton, A; Hazen, R. (2013). "On the origins of deep hydrocarbons". *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*. 75, 449-465.
- [13] Galperin, Y, Kaplan, I. (2011). "Review of Microbial processes in the near surface environment and their implications for the chemical fingerprinting of hydrocarbon fuels". *Environmental Forensics*. 12, 236-252.
- [14] Stashenko, E.E; Martínez, J.R; Robles, M. (2014). "Extracción selectiva y detección específica de biomarcadores saturados de petróleo". *Scientia Chromatographica*. 6(4):251-268.
- [15] Owens, E.H; Taylor, E; Parker-Hall, H.A. (2010). "2. Spill site investigation in environmental forensic Investigations". *Environmental Forensics*. Polaris Applied Sciences, Inc. 12509 130th Lane, NE, Kirkland, WA 98034-7713.
- [16] Wang, Z; Yang, C; Fingas, M; Hollebhone, B. (2010). "3. Petroleum biomarker fingerprinting for oil spill characterization and source identification". *Environmental Forensics*. Polaris Applied Sciences, Inc. 12509 130th Lane, NE, Kirkland, WA 98034-7713.
- [17] Villar, H.J; Arbe, H.A. (1993). "Oil generation in the Esperanza Area, Austral Basin, Argentina". *Third Latin American Congress on organic geochemistry*.
- [18] Peters, K.E; Walters, C.C; Moldowan; J.M. (2005). *The Biomarker Guide. Volume I. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History, Second Edition*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [19] Madigan, M; Martinko J.M; Parker, J. (2000). *Brock, Biología de los Microorganismos*. Prentice Hall, Madrid.
- [20] García, J.A; Sánchez, J. A; Guzmán, M. A. (1999). "Esteranos y terpanos como marcadores biológicos en la prospección petrolera". *Journal of the Mexican Chemical Society*. 43 (1), 1-6.
- [21] Moldowan, J.M; Seifert, W.K; Gallegos, E.J. (1985) "Bull". *A. Assoc. Pet. Geol.* 69, 1255-1268.
- [22] Sieskind, O; Joly, G; Albretch, P. (1979) "Geochim". *Cosmochim.* 43, 1675-1679.

Aplicación de nuevas tecnologías para el monitoreo de la contaminación química inorgánica y orgánica en la cuenca riachuelo matanza: construcción de indicadores de prevención ambiental.

Dr. Ing. Rodríguez, Leandro; Ing. Luna, Sergio; Dr. Ing. Pascal, Oscar; Marzari, Nahuel*

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Ruta 4. (Ex Camino de Cintura) KM.2. Lomas de Zamora. lrodriguez@ingenieria.unlz.edu.ar*

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como eje central el desarrollo de indicadores de prevención ambiental en la Cuenca Matanza – Riachuelo a partir de un muestreo geoestadístico de resistividades a uno y dos metros de profundidad. La zona en cuestión concentra un importante porcentaje de población a nivel nacional (13,5%), lo cual, sumado a la situación actual de contaminación, representa un desafío que precisa de herramientas y acciones que sirvan para lograr mejoras a esta problemática.

A partir de un correcto mapeo de la cuenca, utilizando los puntos de la Red de Monitoreo de ACUMAR, se generará un mapa de resistividades y pH que, junto con los indicadores de gestión ambiental que se derivan de los mismos, servirá tanto para el desarrollo de nuevas estrategias de mitigación de la contaminación, el seguimiento de la evolución de dichas estrategias, la obtención de datos e información de interés y para la toma de decisiones de aquellos organismos que se ocupan de la temática ambiental.

Palabras Claves: Química. Estadística. Resistividad. Geoestadística. Cuenca Matanza – Riachuelo.

ABSTRACT.

The main objective of this paper is developing environmental prevention indicators for the Matanza - Riachuelo Basin based on geostatistical samples of resistivity at one and two meters of depth. A significant portion of Argentina's population (13,5%) resides in this area, which, along with the current contamination levels, poses a challenge that requires tools and actions to improve this situation.

Relying on an accurate mapping of the basin and using points gathered from the ACUMAR Monitoring Network, we will generate a resistivity and pH map. Along with the environmental management indicators derived from the Network points, our mapping will be useful both for developing new strategies for mitigating contamination and for following up on the progress of those strategies. It will also contribute relevant data and information for decision-making entities involved with environmental issues.

1. INTRODUCCIÓN.

En vistas a que la Cuenca Matanza – Riachuelo (CMR) es uno de los lugares más contaminados del mundo [1], el campo de aplicación se ve reflejado directamente sobre el entorno de la misma, quien padece de manera importante de los efectos nocivos de la polución en cuestión, como así también de aquellos organismos que podrán usar la herramienta para desarrollar las acciones necesarias para mermar las consecuencias de la contaminación.

Debido a la condición actual de la CMR es importante encontrar soluciones factibles para mejorar esta condición y contribuir a una mejor calidad de vida de su población. Sin embargo hay pocas posibilidades de acción en la zona urbana de la CMR, principalmente ubicada en la cuenca baja, ya que el impacto producido es prácticamente irreversible.

Efectivamente el fenómeno de urbanización es global así como lo son las mega-ciudades. El rápido crecimiento de las áreas urbanas, y la consecuente necesidad de abastecer de bienes y servicios a su población, provoca grandes cambios en los ecosistemas, generando la pérdida o modificación de ecosistemas naturales y la degradación del resto del área por contaminación, asentamiento de basurales informales, actividades extractivas, vuelcos de aguas residuales, etc. Esto se resume en el concepto de huella ecológica propuesto por Reed [2].

La ciudad de Buenos Aires y sus alrededores es reconocida como Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), y constituye una de las mega-ciudades del mundo, donde habitan unos 14 millones de personas. Entre las cuencas hidrográficas que dan asiento al AMBA se destaca la CMR. Allí, su matriz original, el pastizal pampeano, se ha perdido prácticamente por completo. Este deterioro en los ecosistemas naturales se debe a las actividades antrópicas que se desarrollan, principalmente el avance del uso urbano sobre las áreas rurales. En tal sentido, se ha dado una creciente importancia al estudio de las periferias de estas mega-ciudades, como posible espacio en donde se producen los cambios [3].

En la CMR existen iniciativas de preservación del cordón periurbano y de interpretación de este uso como clave para las cuestiones ambientales. Se puede citar el “Plan estratégico de la provincia de Buenos Aires” y uno de los 19 proyectos de Ley de la agenda ambiental presentados por el ex vicegovernador de la provincia de Buenos Aires en 2014 denominado “Conservación de los corredores ambientales y la franja periurbana” [4, 5, 6]

En cuanto a la caracterización física, natural y geográfica, la cuenca hidrográfica Matanza- Riachuelo (CMR) se extiende cubriendo una superficie de 2.238 km² (0,1% del territorio nacional) incluyendo CABA además de otras 14 jurisdicciones de la provincia de Buenos Aires. Desde su nacimiento el río se denomina Matanza, y a partir del Puente de la Noria y hasta su desembocadura en el Río de la Plata adopta el nombre de Riachuelo. Sin embargo, la población radicada actualmente en ella representa el 13,5% de la población argentina. Geomorfológicamente, se asienta sobre el basamento cristalino que corresponde a un desprendimiento del escudo de Brasilia con una cargada red hidrográfica.

Ecológicamente, el pastizal pampeano ha sido modificado casi completamente por la acción del hombre, siendo esto marcadamente notorio en el tercio inferior o cuenca baja. De este modo los residentes en la CMR se encuentran expuestos a diversos productos derivados de la actividad industrial, urbana y rural, pero además presenta algunas características socio-económico-demográficas que la tornan particularmente vulnerable dadas las condiciones de saneamiento básico insatisfecho, la alta impermeabilización de sus tierras (con el consecuente incremento de inundaciones) y condiciones asociadas a la pobreza.



Figura 1. Imagen Satelital de la Cuenca Matanza Riachuelo. Fuente: Elaboración propia utilizando imagen satelital de base de Arcmap.

Es el caso de la cuenca alta del Matanza-Riachuelo, donde se observa una creciente rectificación y canalización de cursos con el fin de convertir zonas inundables en “aptas” para cultivos y/o ganadería. En la cuenca inferior de la CMR más del 80% de la superficie fue impermeabilizada por urbanizaciones [7].

Cuando se hace referencia a contaminación ambiental de carácter químico se refiere a la presencia de ciertos elementos y compuestos en cantidades excesivas en un determinado medio, especialmente aquellos elementos disueltos o en suspensión en el agua. Según E. Ricaldi del Instituto de Investigaciones Físicas Universidad Mayor de San Andrés La Paz – Bolivia en su investigación denominada “Halos de contaminación en la sub-cuenca del río Antequera (Pazña – departamento de Oruro)” [8], las aguas contaminadas resultan nocivas y hasta letales para la subsistencia de la vida en el medio ambiente en consideración. Estos tipos de aguas y terrenos están caracterizados por diferentes valores de pH, provocan bajos valores de resistividad eléctrica, es decir, promueven la idea de alta contaminación ambiental.

2. DESARROLLO.

2.1 Estado actual del arte.

Existen experiencias mundiales en las cuales el periurbano aparece como un espacio estratégico para la mejora de la calidad ambiental. En general se trata de áreas periurbanas gestionadas para constituirse en cinturones hortícolas dando respuesta a la crisis alimentaria. Es el caso del periurbano de Melbourne (Australia) donde a partir de un análisis exhaustivo de estas áreas se generó una propuesta para la ciudad [9]. En nuestro país, se encuentran ejemplos de este uso del periurbano, en los estudios del Dr. Andrés Barsky [10, 11] sobre el desarrollo de la horticultura en el periurbano de la zona noroeste del AMBA, o bien en los estudios de la Prof. Daniela Nieto [12, 13] respecto al cinturón flori-fruti-hortícola del Gran La Plata.

Realizar un estudio de las resistividades del suelo, a distintas profundidades y en diferentes locaciones, permite conocer la geomorfología del suelo obteniendo interesantes conclusiones, pero lo más importante que debemos preguntarnos es hasta qué punto se pueden realizar mediciones parciales para predecir las mismas con un grado de error aceptable, en áreas extensas como lo es la provincia de Buenos Aires. Según Arruabarrena-Moreno [14] el uso de la tomografía de resistividad eléctrica en el estudio de suelos contaminados por hidrocarburos ha tenido un impacto sustancial dado que proporciona información valiosa acerca de la distribución espacial del contaminante en el subsuelo. Esta metodología fue aplicada para caracterizar un área contaminada por hidrocarburos de fracción media al oriente de la ciudad de Puebla (Centro de México) para probar su efectividad [15]. La comparación entre los datos químicos y geofísicos les permitió evaluar la sensibilidad de la propiedad física a la presencia del contaminante, y también se ha detectado que la resistividad eléctrica varía dependiendo del volumen y del tiempo de residencia del hidrocarburo en el subsuelo.

La conducción eléctrica en suelos rocosos es principalmente electrolítica ya que las rocas -sus granos- son aislantes en sí, por lo que la conducción eléctrica se realiza a través del agua intersticial que normalmente contienen y que siempre tiene sales disueltas en mayor o menor grado que la hacen conductora. Por consiguiente, la resistividad de una formación será función de su contenido en electrolitos, que a su vez depende de la porosidad efectiva de la roca y del índice de saturación.

Hay que señalar que la resistividad de cualquier formación varía entre amplios límites, no solo de una locación a otra, sino que se pueden observar variaciones dentro de zonas cercanas, principalmente cuando se trata de formaciones superficiales no consolidadas. No existe una ley general que correlacione litología con resistividad. No obstante, pueden establecerse criterios de tipo general [16].

Actualmente existe disponible un mapa de pH realizado por Sainz H., Echeverría H. y Angelini H. en colaboración con la unidad Integrada Balcarce: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en adelante (INTA) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con mediciones en el período 2004-2006 y actualizado por Rodríguez L. en 2017 perteneciente al centro asociado CIC I4 (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora) [17].

Considerando que Buenos Aires es una provincia donde se desarrolla la actividad agrícola, según Liebig [18], se debe tener en cuenta los efectos que puede generar la frecuente aplicación de algunos fertilizantes los cuales pueden contribuir a la disminución del pH del suelo, por tal motivo es importante actualizar regularmente dicho mapa para poder conocer efectivamente si el suelo sufre algún tipo de modificación.

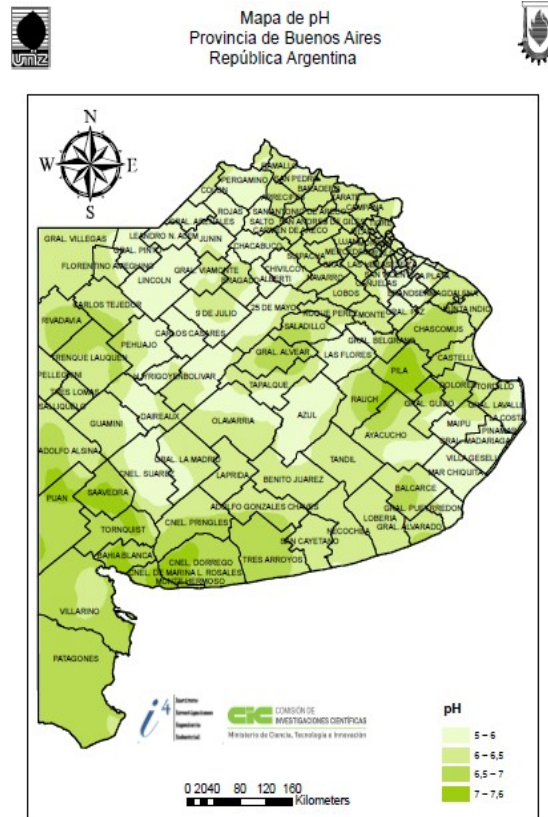


Figura 2. Rango de valores de pH del horizonte superficial (0-20cm de profundidad) de suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires. (Rodríguez, 2017) región pampeana y extrapampeana. Interpolación realizada con el método Kriging. Fuente: Tesis doctoral, Rodríguez Leandro Sebastián, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, 2017.

La mejor forma de estudiar la variabilidad del suelo es a través de la utilización de técnicas de geoestadística. Estas herramientas logran representar datos que pueden ser volcados en mapas para observar detalladamente cómo interactúan todas las muestras recolectadas dentro de un área determinada, buscando asociaciones y relaciones entre las mismas [19].

En la actualidad es necesario lograr una mejora en la exactitud de la interpretación de las muestras recolectadas en campo. Y por tal motivo deja de ser factible la utilización de la fointerpretación, ya que muchos de los cambios del suelo no se evidencian con una simple observación externa. Es aquí donde entran en juego distintos tipos de análisis geoestadísticos, que utilizan el semivariograma y métodos de interpolación para obtener mapas isorítmicos de las características analizadas [20].

La variabilidad del suelo depende principalmente del tipo de propiedad que esté siendo analizada, existiendo habitualmente más variación en las propiedades químicas que las físicas [21, 22, 23, 24]. Cuando las zonas se encuentran urbanizadas aumenta el nivel de variación debido a los movimientos y contaminación que se va dando paulatinamente en los suelos. En cambio, en zonas rurales la variabilidad se debe a factores naturales y antropogénicos [25].

La actividad humana promueve la variabilidad a través de la distribución de residuos recientes y en el pasado lejano afectando la acumulación de materia orgánica con todas sus implicaciones. Son factores importantes en la variabilidad antropogénica la distribución de fertilizantes, la diferente remoción de nutrientes causada por diferentes tipos de cultivos y rotaciones, el efecto significativo de la erosión, labores culturales, nivelaciones de terrenos y compactación [26].

Además de los factores citados, se debe considerar la variación en función del clima. En especial la cantidad, frecuencia e intensidad de precipitaciones, vientos, temperatura máxima, mínima, amplitud diurna y nocturna, así como la radiación solar [27].

La gran constante en relación a los suelos es su variabilidad, pudiendo ser esta: vertical u horizontal. La primera se refiere a las diferencias entre los horizontes y, la segunda a como los suelos varían de un lugar a otro [28].

En las variaciones a gran escala, los patrones del suelo son principalmente resultado del clima y vegetación y secundariamente debidas a las diferencias de material parental. Aunque a menudo es útil referirse a las características regionales generales del suelo, es importante recordar que existen muchas variaciones al interior de cada grupo regional [29].

2.2 Hipótesis de trabajo.

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

“ES FACTIBLE DETERMINAR INDICADORES DE PREVENCIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE MEDICIONES DE RESISTIVIDAD Y PH”

2.3 Objetivos.

El objetivo general esta investigación es contribuir al desarrollo sustentable de la Cuenca Matanza Riachuelo mediante el aporte de indicadores de prevención ambiental a través de la aplicación de nuevas tecnologías, buscando beneficiar a la población circundante. Del mismo se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Generación de cartas-mapas de indicadores de prevención ambiental de la CMR.
- Modelizar la variabilidad espacial de las propiedades eléctricas y químicas del suelo en la CMR.
- Determinar la factibilidad del uso de indicadores de prevención ambiental a partir de mediciones de resistividad y pH.

3. Método de trabajo.

3.1 Diseño del levantamiento de datos.

Durante esta actividad de gabinete se definirán los lugares de muestreo dentro de CMR delimitando las áreas donde se debería realizar la toma de datos a través de una cuadrícula.

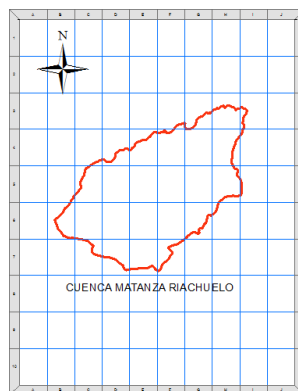


Figura 3. División de áreas tentativas para toma de mediciones en CMR – Fuente: Elaboración propia

Una vez que son delimitadas las áreas y con la premisa de obtener el menor error posible optimizando el número de muestras recolectadas, se simulará en ArcMap utilizando datos de investigaciones anteriores para conocer cuál será la cantidad mínima de mediciones necesarias para elaborar los indicadores de la región en estudio.

Las muestras serán recolectadas utilizando la Red de Monitoreo establecida por ACUMAR para la realización de sus estudios, para generar un aporte de interés a través de un estudio de resistividades y pH.

3.2 Procedimiento de recolección y análisis de muestras.

Para las mediciones de resistividad se llegará a la zona de recolección de muestras seleccionadas. Las mismas se relevarán siguiendo la norma ASTM-G57-2012 “Standar test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method” [30] por el método de las 4 puntas de Wenner.

La resistividad del suelo es la resistencia específica del terreno y está relacionada con la conducción eléctrica del mismo. Es conocida como la resistencia específica del terreno, varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre y según la ley de Archie modificada [31], la resistividad del suelo depende de parámetros como la tortuosidad, cementación, textura y la resistividad aparente del agua con sales disueltas que ocupan parcialmente los poros.

Existen diversos métodos para realizar la medición de resistividad del terreno, los métodos eléctricos tienen su fundamento en el hecho de que las variaciones en la conductividad del suelo alteran el

flujo de corriente en el interior de la tierra. Usualmente la corriente penetra en el terreno a través de electrodos y se mide la caída de potencial entre ellos. Para medirla se inyecta una determinada intensidad de corriente y, en función de la caída de potencial y de la distancia entre electrodos, se puede determinar el valor de una nueva magnitud: la resistividad específica del terreno.

«Si el suelo es homogéneo, el valor así obtenido coincide con la resistividad verdadera, pero, de no ser así -suelo homogéneo, como sucede generalmente- el valor obtenido depende de las resistividades de las distintas formaciones que atraviesa la corriente» [32].

Existen distintos métodos eléctricos para medir la resistividad del terreno, uno de ellos es el método de Schlumberger que es utilizado para mediciones a grandes profundidades y el método de Wenner, el cual será utilizado en esta investigación.

En el año 1915, el Dr. Frank Wenner del U.S. Bureau of Standards desarrolló esta teoría que permite conocer la resistividad aparente del terreno. Este método es conocido como el método de Wenner, el cual consta de 4 electrodos que se insertan en el suelo, ubicados en línea recta, a una misma profundidad y los valores obtenidos dependerán directamente de la distancia de separación entre electrodos y de la resistividad del terreno. Cabe destacar que no depende en forma apreciable del material y tamaño de los electrodos utilizados pero sí del tipo de contacto que hagan con el terreno.

«El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la distancia de los electrodos» [33].

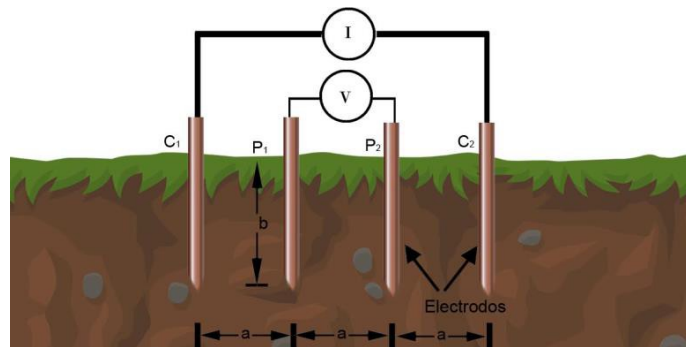


Figura 4. Medición de resistividad por el método de las 4 puntas de Wenner – Fuente: Elaboración propia

Se puede observar como los electrodos (jabalinas) son ubicados en línea recta. A través de los electrodos exteriores se inyecta la corriente anteriormente mencionada y se realiza la medición de potencial a través de los electrodos interiores. Finalmente la resistividad aparente se puede definir con la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot R}{1 + \left[\frac{2 \cdot a}{(a^2 + 4 \cdot b^2)^{0,5}} \right] - \left[\frac{2 \cdot a}{(4 \cdot a^2 + b^2)^{0,5}} \right]} \quad (1)$$

Dónde:

ρ : Resistividad promedio a la profundidad A

a: Distancia de separación entre los electrodos

b: Profundidad de enterramiento de los electrodos

R: Lectura en Ohms [Ω] del resistivímetro

Si la distancia enterrada de los electrodos (b) es inferior que la distancia de separación entre electrodos manteniendo la relación $a > 20b$, se puede aplicar la siguiente fórmula simplificada:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad (2)$$

El valor de resistividad obtenido a través de la realización del cálculo anteriormente mencionado va a representar la resistividad promedio de un hemisferio del terreno de un radio igual a la separación entre los electrodos.

Siempre es recomendable no tomar lecturas paralelas a estructuras metálicas enterradas para que no se vean afectadas, y obtener mejores resultados.

Para la toma de resistividades se utilizará un resistivímetro Megabras MTD 20KWe (telurímetro y voltímetro digital de 3 ½ dígitos), N° serie: 16L2005, con un rango de resistencias (20-200-200) Ω y 20 k Ω . Calibrado en los laboratorios del fabricante. Verificando que cumpla sus funciones y rangos indicados en la página 40 de su manual de instrucciones (Ω : $\pm 0,05\%$; V: $\pm 0,1\%$; evaluadas en base a la incertidumbre estándar (tipo B) de una distribución rectangular multiplicada por un factor de cobertura de 1,65 correspondiente a una probabilidad de cobertura del 95%, a una temperatura de 23 ± 1 °C y HR 55 al 75%).

Según el fabricante, el resistivímetro digital MTD-20KWe es capaz de medir resistencias de puesta a tierra y resistividad del terreno a través del método Wenner [34].

«El pH del suelo es una de las propiedades químicas más relevantes ya que controla la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes» [35].

Para el relevamiento de pH se utilizará un electrodo de antimonio. Este instrumento se utiliza en conjunción con un electrodo de sulfato de cobre, para formar una célula sensible al pH. La tensión desarrollada entre los dos electrodos en contacto con el mismo electrolito proporciona una medición que se convierte en el pH del electrolito. El electrodo se encuentra calibrado, con una escala de conversión en su lateral para obtener el pH. El instrumento seleccionado para realizar la medición de pH junto a los electrodos de antimonio y cobre sulfato de cobre es un multímetro Fluke 77. El mismo reúne todas las funciones necesarias para solucionar la mayoría de los problemas eléctricos y electrónicos. Este multímetro es muy fácil de usar, disminuyendo la posibilidad de error a la hora de realizar la toma de mediciones.

Finalmente, la ubicación en cada punto de muestreo será realizada mediante un geoposicionador GPS Trimble PRO-XRT con sistema de corrección en tiempo real Omnistar XP, que permite tener un error en la posición de la muestra menor a 30cm. Mediante el uso del GPS, al medir el rendimiento como al muestrear el suelo se puede determinar exactamente el sitio en el campo para poder regresar al mismo sitio cuando sea necesario.

Para el almacenamiento de los datos se utilizará un colector de datos marca Trimble, modelo NOMAD 900G. Los dispositivos de mano GPS integrados de la serie Trimble Nomad 900G son diseñados para un rendimiento superior en entornos difíciles, siendo compatibles con todas las aplicaciones de software de Trimble Mapping & GIS, y cuentan con varias configuraciones para que el usuario pueda elegir según el tipo de trabajo que requiera.

Este dispositivo está equipado con un receptor GPS integrado de alto rendimiento diseñado para la captura de datos productiva en condiciones GPS difíciles (como bosques frondosos o cerca de edificios altos). Los modelos de la serie Nomad 900G son ideales para aplicaciones donde la alta productividad es esencial, por ejemplo levantamientos forestales o gestión de recursos naturales.

Esta PDA es capaz de correr el software Terrasync para la recolección de datos, vinculándola al receptor PRO-XRT.

Para registrar y administrar los datos GIS dentro de la PDA se utilizará el software Terrasync. Este software permite registrar datos de posición y características para luego ser introducidos dentro de bases de datos GIS de forma rápida y eficaz.

El software Trimble GPS Pathfinder Office es un paquete de herramientas de pos procesamiento GNSS potente y fácil de usar, que incorpora tecnología de corrección diferencial Trimble DeltaPhase diseñada para desarrollar información de sistemas SIG uniforme, confiable y precisa a partir de los datos GNSS capturados en el campo [36].

La capacidad del software permite generar proyectos con archivos de atributos asociados a los datos GPS digitalizados, de manera de obtener finalmente mapas en cualquier escala, sistema de coordenadas, datum y elipsoides seleccionados por usuario. Los mapas y archivos asociados pueden ser actualizables continuamente y convertidos finalmente a más de 140 GIS disponibles en el mercado, entre ellos ARC/INFO, AUTO CAD, INTERGRAPH, ERDAS, GEO/SQL, GRASS, MOSS, etc. Todos los datos pueden ser clasificados, filtrados, representados gráficamente con simbologías definidas por usuario y ploteados. El mismo tiene vínculo directo a software de diseño y mapeo CAD.

3.3 Proceso de análisis de datos.

Una vez recibidos los archivos en formato *.SSF provenientes del proceso de recolección de muestras iniciarán las tareas de análisis de datos en gabinete.

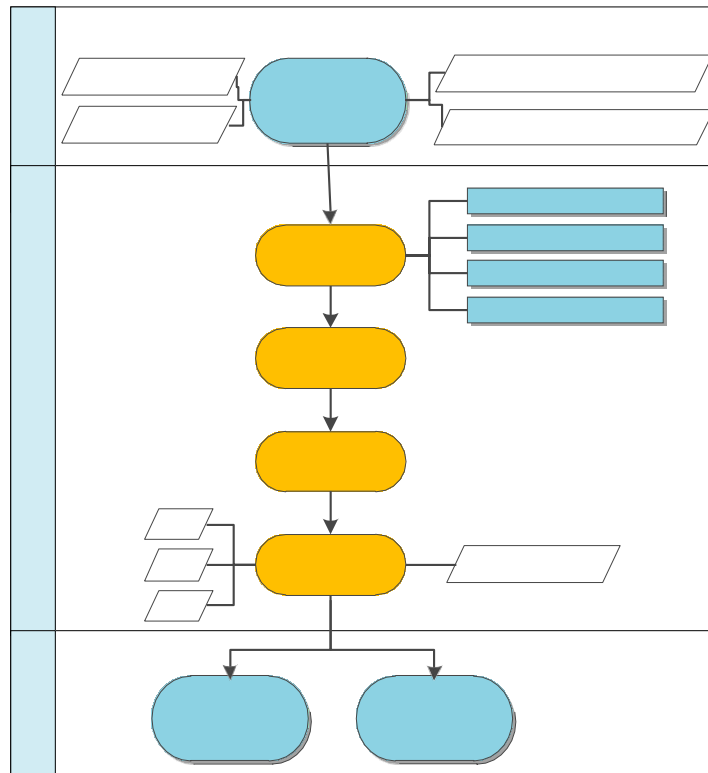


Figura 5. Proceso de análisis de datos – Fuente: Elaboración propia

En primer lugar es necesario utilizar el software Trimble GPS Pathfinder Office para abrir el *.SSF encriptado con los datos recolectados de las mediciones. Una vez que los datos son levantados por el software es posible visualizar todas las mediciones realizadas con su ubicación geográfica, fecha y hora de recolección y todos los valores medidos. Por medio de este software es posible convertir los datos relevados a múltiples formatos. Como el valor relevado en campo es resistencia a 1 y 2 metros, es necesario calcular la resistividad. Una vez que los datos se encuentran disponibles, se iniciará el análisis exploratorio para identificar, entender y buscar tendencias, para realizar una descripción cualitativa y cuantitativa los datos. Al representarlos en figuras y diagramas, se busca identificar observaciones atípicas “outliers”, calcular los estadísticos descriptivos, identificar las poblaciones bajo estudio e identificar la distribución de probabilidad.

Una vez finalizado el análisis exploratorio de los datos, se procede a realizar el análisis estructural de estos mediante la técnica geoestadística Kriging Ordinario.

La herramienta que se utilizará para realizar el análisis geoestadístico será el ArcMap, con la extensión “Geostatistical Analyst”. Esta extensión provee de una variedad de herramientas para la exploración de datos espaciales, identificación de datos anómalos, predicciones óptimas, evaluación de predicciones dudosas y creación de superficies. Este módulo utiliza puntos de las muestras tomadas en diferentes localizaciones y crea una superficie continua.

4. Impactos esperados.

4.1 Contribución al conocimiento científico y tecnológico en el área.

Luego de la recolección y el procesamiento de los datos mencionados finalmente se logrará mapear el suelo de la Cuenca Matanza Riachuelo con la finalidad de crear mapas correspondientes a Resistividad a distintas profundidades (1 y 2 metros), pH y el correspondiente mapa con los indicadores generados en este proyecto de prevención ambiental de la CMR. Contribuyendo a la capitalización del conocimiento del suelo, creando una herramienta que facilite la toma de decisiones en materia de protección ambiental.

4.2 Contribución a la calidad de actividad docente y formación de recursos humanos.

La participación de docentes y becarios en las actividades, quienes podrán interactuar con los actores del sector de conocimiento y de la sociedad ligados al presente proyecto, promoverá un fortalecimiento de las capacidades ya instaladas en la Fi-UNLZ, consolidándose como centro de referencia para la región bonaerense y el país.

A su vez, las propias características de la problemática promueven la mejora de las capacidades interdisciplinarias del equipo de trabajo, integrando conocimientos y saberes de las diversas instituciones en áreas de la tecnología, química, geología, estadística; y también promoviendo la mejora en las capacidades de gestión del grupo responsable, participantes y colaboradores.

4.3 Contribución al desarrollo socioeconómico del país.

Siendo la Cuenca Matanza – Riachuelo una locación en exceso contaminada, la misma tiene un impacto totalmente negativo para el medio ambiente y la calidad de vida de la población circundante. En este sentido, la generación de indicadores de prevención ambiental y su monitoreo permitiría desarrollar estrategias de control y mitigación de la contaminación, promoviendo una mejora de la situación actual.

3. CONCLUSIONES.

Los aportes del presente proyecto de investigación consistirán en promover conocimientos, información y resultados de carácter específico, que puedan derivar a futuro en proyectos y vínculos de I+D+I transversalmente entre la Universidad, instituciones públicas y privadas. Así mismo, en conjunto con ACUMAR, la herramienta servirá como apoyo en las decisiones estratégicas para la adopción de medidas tendientes a mejorar la calidad de vida de la población que padece de los efectos negativos de la zona en estudio.

Por otra parte, claramente el método es aplicable a cualquier zona de riesgo en las cuales, a partir de la toma de resistividades y pH, y su consecuente generación de cartas-mapas, se puedan aplicar medidas preventivas y correctivas utilizando los indicadores generados para el seguimiento situacional.

En el aspecto formativo, cabe destacar la participación de personal especializado, además de la inclusión de tesis doctorales y becarios CIN.

4. REFERENCIAS.

[1] Blacksmith Institute, Green Cross. (2013). The World Worst 2013: The top ten toxic threats. <https://www.worstpolluted.org/docs/TopTenThreats2013.pdf>

[2] Ewing B., Reed A., Risk S.M, Galli A., Wackernagel M., Kitzes J. (2008). Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2008 Edition. Oakland: Global Footprint Network.

[3] Aguilar A. G. (2002) Las mega-ciudades y las periferias expandidas. Ampliando el concepto en Ciudad de México. Eure, Vol 28 No 85 Online [http](http://www.eure.com).

[4] Lafflito, C. & Zuleta, G. (2012). El periurbano y la planificación de ciudades sustentables. El caso de Buenos Aires, Argentina. IX Congreso IIE. Bogotá, Colombia 15 pp.

[5] Lafflito, C., Zuleta, G., Schell, D. y Guida Johnson, B. (2013) El uso periurbano: ¿un aliado de la rehabilitación ambiental urbana? Colombia. Bogotá. Congreso. III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica.

[6] Lafflito, C. (2017) Gestión periurbano Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 120pp.

[7] Lafflito, C. M., G. A. Zuleta, D. Schell & B. Guida Johnson. (2011). Land use at the watershed scale: restrictive factors or opportunities for environmental rehabilitation? Case study in Buenos Aires, Argentina. 4th World Conference on Ecological Restoration. Mérida, México.

[8] Ricaldi, E. (2009). HALOS DE CONTAMINACIÓN EN LA SUB-CUENCA DEL RÍO ANTEQUERA (PAZÑA - DEPARTAMENTO DE ORURO). Revista Boliviana de Física, 15(15), 22-31. Recuperado el 17 de septiembre de 2018, de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S15628232009000100005&lng=es&tlng=es.

[9] Buxton, M., Tieman, G., Bekessy, S., Budge, T., Butt, A., Coote, M., Lechner, A., Mercer, D., O'Neill, D. & Riddington, C. (2007) Change and Continuity in Peri-urban Australia, Peri-Urban Case Study: Bendigo Corridor, RMIT University, Melbourne, Australia.

[10] Barsky, A. (2005). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova, Vol. IX, núm. 194 (36), 1/8/2005. Buenos Aires, Argentina.

[11] Barsky, A. (2013). Gestionando la diversidad del territorio periurbano desde la complejidad de las instituciones estatales. Implementación de políticas públicas para el sostenimiento de la agricultura en los bordes de la región Metropolitana de Buenos Aires (2003-2013). Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 339 pp. Barcelona, España.

[12] Nieto, D y Aramayo, G. (2013). Aporte teórico-metodológicas para el análisis de estrategias de asentamiento, movilidad y reproducción social de los trabajadores rurales en áreas periurbanas. El caso del Partido de La Plata. 14 ° EGAL. Encuentro de Geógrafos de América Reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos. Latina. 12pp. Lima, Perú.

[13] Nieto, D. (2014) Territorios rurales periurbanos: la actividad florícola en el partido de La Plata como parte constitutiva de un territorio periurbano regional. Reflexiones Geográficas. Buenos Aires, Argentina.

[14] Arrubarrena-Moreno, Manuel, & Arango-Galván, Claudia. (2013). Use of electrical resistivity tomography in the study of soil pollution caused by hydrocarbons: Case study in Puebla (México). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65(2), 419-426. Recuperado en 17 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222013000200022&lng=es&tlng=.

[15] Buol, S. W., Hole, F. D., & McCracken, R. J. (1993). Génesis y Clasificación de Suelos. Méjico: Trillas.

[16] Geo, C. A. (2015). Estudio Geofísico de Resistividad Eléctrica. El salvador, Honduras, Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN.

[17] Rodríguez, L. (2017). 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, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina.

[18] Liebig, M. A. (2002). Crop Sequence and Nitrogen Fertilization Effects on Soil Properties in the Western Corn Belt The USDA–ARS is an equal opportunity/affirmative action employer and all agency services are available without discrimination. Soil Science Society of America Journal (66), 596-601. North Dakota, United States.

[19] Ortega, R., & Flores, L. (1999). Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio - específico. CRI Quilamapu-Chile: Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

[20] Burrough, P. A. (1986). Soil variability: a late 20th century view. En Soils and Fertilizers (Vol. 5, págs. 529-562).

[21] Ovalles, F. A. (1992). Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. Maracay: FONAIAP-CENIAP-IIAG.

[22] Ovalles, F. A. (1991). Evaluación de la variabilidad interna de los suelos a nivel de parcela para el establecimiento en lotes experimentales en el estado de Cojedes. Agronomía Tropical, 41(1), 23-40.

[23] Ovalles, F. A. (2001). Memorias del curso de Geoestadística Aplicada a Estudios Ambientales con Énfasis en Suelos. Manizales: Universidad de Caldas.

- [24] Ovalles, F. A., & Rey, J. (1995). Variabilidad interna de las unidades de fertilidad en suelos de la depresión del Lago de Valencia. En *Agronomía Tropical* (págs. 41-65). Maracay: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- [25, 26] Brouder, S.M. (1999). Applying site-specific management in soil fertility research and developing management information for variable rate technologies. In *proceedings of Information Agriculture Conference*, Purdue University. P.321. Indiana, United States.
- [27, 28] Bragachini, M. (1999). Agricultura de precisión para incrementar la productividad. En *Memorias*. Mar del Plata: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (págs. 265- 272). Mar del Plata: In 7º Congreso Nacional AAPRESID. Mar del Plata, Argentina.
- [29] Brady, N., & Weil, R. (2002). *The nature and properties of soils*. New Jersey: Prentice-Hall. United States.
- [30] ASTM-G57-2012 Standar test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method. (2012). ASTM. Pensilvania, United States.
- [31] Archie, G.E. 1942. The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining some reservoir characteristics. *Trans. AIMME*. 146: 54-62.
- [32] Geo, C. A. (2015). *Estudio Geofísico de Resistividad Eléctrica*. El salvador, Honduras, Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN.
- [33] Wenner, F. (1915). A method of measuring earth resistivity. *Bur. Stand. U.S. Bull* (12), 469-478.
- [34] MEGABRAS. (2016). MEGABRAS: MTD 20KWe. Recuperado el 06 de Octubre de 2016, de <http://www.megabras.com/es/productos/teluometro/teluometro-digital-MTD20KWe.php#Descrição>
- [35] Rozas, H. S. (2011). Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del suelo*, 1(29), 29-37. Buenos Aires, Argentina.
- [36] RUNCO. (2008). *Manual Pathfinder Office*. Recuperado el 06 de Octubre de 2016, de <http://www.runco.com.ar/IMG/pdf/GuiaPFO2008.pdf>

Aplicación de herramientas, como estrategia ambiental, para mejorar la competitividad empresarial

Cariello, Jorgelina L.; Gil, Marcelo R.; Kondratiuk, Vanesa*

**Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional
60 y 124 s/n Berisso, Buenos Aires, Argentina
cariello@frlp.utn.edu.ar*

RESUMEN

Actualmente las organizaciones apuntan a nuevos modelos productivos basados en el desarrollo sostenible; es decir, producir bienes y servicios que minimicen el uso de recursos naturales, la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes; sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras. Por ello, las organizaciones tienen un interés creciente en incorporar, dentro de la estrategia empresarial, las cuestiones ambientales. Se define entonces a la estrategia ambiental como un plan cuya finalidad es mitigar los efectos sobre el medio ambiente de las operaciones de la empresa y sus productos. Se trata de estrategias de aplicación práctica que involucran la economía, la sociedad y el medio ambiente.

En tal sentido, las organizaciones que implementen estrategias ambientales a través de diferentes herramientas podrán mejorar su posicionamiento en el mercado siendo de esta manera más competitivas.

Habiendo analizado el impacto que genera la incorporación de estrategias ambientales por parte de cualquier organización, y logrando de esta manera ser competitiva, se consideró oportuno llevar adelante una investigación concerniente al tema en el sector PyME.

Una vez identificado y analizado el sector productivo sobre el cual se centró la investigación se procedió a estudiar algunas de las herramientas de estrategia ambiental, con el fin sacar conclusiones sobre aquellas de ser susceptibles de mejorar la competitividad de las organizaciones con su aplicación

Palabras Claves: desarrollo sostenible – competitividad – herramientas de estrategia ambiental.

ABSTRACT

Currently, organizations point to new productive models aimed at sustainable development; that is, to produce goods and services that minimize the use of natural resources, the generation of waste, effluents and polluting emissions; without jeopardizing the needs of future generations. Therefore, organizations have a growing interest in incorporating environmental issues into the business strategy. The environmental strategy is then defined as a plan whose purpose is to mitigate the effects on the environment of the company's operations and its products. These are practical application strategies that involve the economy, society and the environment.

In this sense, organizations that implement environmental strategies through different tools will be able to improve their market positioning, thus being more competitive.

Having analyzed the impact generated by the incorporation of environmental strategies by any organization, and thus being competitive, it was considered appropriate to carry out an investigation concerning the issue in the SME sector.

Once the productive sector on which the research was focused was identified and analyzed, some of the environmental strategy tools were studied, in order to draw conclusions about those that are likely to improve the competitiveness of organizations with their application

1. INTRODUCCIÓN.

La competitividad empresarial apunta a las diferentes estrategias y métodos que las organizaciones llevan a cabo con el fin de diferenciarse de sus competidores. La competitividad, desde el punto de vista de la rentabilidad, depende de la relación entre el valor y la cantidad del producto ofrecido y los insumos necesarios para obtenerlo (productividad), y la productividad de los otros oferentes del mercado. Por ejemplo, si una organización aplica técnicas de producción más eficientes que las de sus competidores, podrá obtener más cantidad y/o calidad de sus productos o servicios como así también reducir sus costos de producción. De esta manera se dice entonces que la organización logra ser más competitiva en el mercado en el cual se desenvuelve.

En la actualidad las organizaciones apuntan a nuevos modelos productivos basados en los principios que rigen el desarrollo sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible “al modelo de producción de bienes y servicios que minimiza el uso de recursos naturales, la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes; sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras” (Informe Brundtland, 1987). Es por ello, que en las organizaciones se observa un interés creciente en incorporar dentro de la estrategia empresarial las cuestiones ambientales. Se define entonces a la estrategia ambiental como un plan cuya finalidad es mitigar los efectos sobre el medio ambiente de las operaciones de la empresa y sus productos. Se trata de estrategias de aplicación práctica que involucran la economía, la sociedad y el medio ambiente.

La implementación de una estrategia ambiental, por parte de una organización, viene dado por la aplicación de diferentes herramientas. Como herramientas de aplicación podemos mencionar la aplicación de indicadores de desempeño ambiental, también indicadores como la huella ecológica, la huella de carbono o la huella hídrica, el modelo de economía circular, producción limpia, logística inversa, análisis del ciclo de vida, gestión energética, aplicación de normas como ser la ISO 14001 y BCorp, auditoría ambiental, aplicación de tecnologías amigables con el medio ambiente, entre otros.

En este contexto actual, las organizaciones que implementen estrategias ambientales a través de diferentes herramientas podrán mejorar su posicionamiento en el mercado siendo de esta manera más competitivas en este aspecto.

Habiendo analizado el impacto que genera la implantación de estrategias ambientales por parte de cualquier organización en la región que se encuentre emplazada y, logrando de esta manera ser competitiva, se consideró oportuno llevar adelante una investigación concerniente al tema en el sector PyME.

La investigación se centró en este tipo de sector productivo dado que las PyMEs son más creativas, flexibles y tienen una mejor posición para cambiar de rumbo más rápidamente que las grandes organizaciones. Su tamaño les permite implementar estrategias ambientales sin transformaciones radicales o costosas. Por otro lado, se pueden identificar oportunidades de mejora en los procesos que reduzcan el impacto ambiental, pero que también generen ahorros económicos. De esta manera, una PyME puede mejorar su negocio, comenzar a incorporar responsabilidad con el medio ambiente y al mismo tiempo ser más competitiva con el uso eficiente de sus recursos. Por último, las PyMEs tienen llegada directa con sus empleados para involucrarlos en procesos de creación de valor económico, social y ambiental para la empresa y la sociedad; y también pueden ser proactivas en la concientización sobre la importancia de una gestión empresarial atravesada por la “sostenibilidad”. Una vez identificado y analizado el sector productivo sobre el cual se centró la investigación, se procedió a estudiar algunas de las herramientas de estrategia ambiental, mencionadas anteriormente; con el fin de arribar a conclusiones sobre aquellas de ser susceptibles de mejorar la competitividad de las organizaciones con su aplicación.

2. ESTRATEGIA AMBIENTAL EN PYMES.

Los sectores productivos constituidos por PyMEs juegan un rol fundamental dentro de la economía nacional, referido a la producción de bienes y servicios. En consecuencia, tienen un alto grado de responsabilidad por el impacto que generan en el medio ambiente regional en el cual se encuentren emplazadas.

Por lo expuesto, se consideró relevante analizar y determinar la situación actual en cuanto a la implementación de estrategias ambientales a través de diferentes herramientas para un modelo de desarrollo sostenible.

2.1. Herramientas de aplicación para alcanzar la sostenibilidad en PyMEs.

En este apartado se presentan algunas de las herramientas posibles de aplicar en las PyMEs con el fin de lograr la puesta en práctica de la “sostenibilidad”.

- Capacitación para el desarrollo sostenible
- Reportes de Sostenibilidad GRI (Global Reporting Initiative)
- RSE (Responsabilidad Social Empresaria)

- Indicadores de Gestión Ambiental
- Aplicación de Norma ISO 14001/15
- Producción Limpia (P+L)
- Marketing Ecológico / Ecodiseño
- Análisis del Ciclo de Vida (ACV)
- Logística Inversa
- Economía Circular
- Benefit Corporations (BCorp)

2.1.1. Capacitación para el desarrollo sostenible.

La capacitación para el desarrollo sostenible hace referencia al uso de diferentes herramientas para lograr un cambio de paradigma en las culturas de las organizaciones. La capacitación es clave para llevar a las empresas hacia la sostenibilidad como nuevos modelos empresariales. Por eso es fundamental que las empresas tomen la decisión de capacitar a su personal con el fin de llevar adelante programas de desarrollo sostenible enfocados en los aspectos sociales, económicos y ambientales; generando así hábitos productivos amigables con el medio ambiente.

2.1.2. Reportes de Sostenibilidad GRI (Global Reporting Initiative).

Es una herramienta fundamental de comunicación del desempeño económico-financiero, social y medioambiental de las organizaciones; y de apoyo a la gestión socialmente responsable [1].

La elaboración de una memoria de sostenibilidad comprende la medición, divulgación y rendición de cuentas frente a grupos de interés internos y externos en relación con el desempeño de la organización con respecto al objetivo del desarrollo sostenible.

Vale la pena destacar que las PyMEs que decidan emprender este proceso tendrán la oportunidad de conocerse mejor, de fortalecer sus planes de gestión y consolidarse como proveedores confiables y comprometidos con la sostenibilidad.

Una memoria de sostenibilidad deberá proporcionar una imagen equilibrada y razonable del desempeño en materia de sostenibilidad por parte de la organización informante, e incluirá tanto contribuciones positivas como negativas. Las memorias de sostenibilidad basadas en el marco de elaboración de memorias del GRI [2] lograrán resultados que se obtengan dentro del correspondiente periodo informativo, atendiendo a los compromisos, la estrategia y el enfoque directivo adoptado por la organización. Las memorias se pueden utilizar, entre otros, para los siguientes propósitos:

- Estudio comparativo y valoración del desempeño en materia de sostenibilidad con respecto a leyes, normas, códigos, pautas de desempeño e iniciativas voluntarias.
- Demostración de cómo una organización influye en, y es influida por, las expectativas creadas en materia de desarrollo sostenible.
- Comparación del desempeño de una organización y entre distintas organizaciones a lo largo del tiempo.

2.1.3. Responsabilidad Social Empresaria (RSE).

La Responsabilidad Social Empresaria apunta al compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, tanto en lo interno como en lo externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes, demostrando respeto por la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así la construcción del bien común. Se entiende entonces a la RSE, como un cúmulo de prácticas que aceptan las empresas, con la finalidad de armonizar y lograr sobre todo un equilibrio entre las dimensiones de rentabilidad económica, derechos humanos, bienestar social y protección ambiental. Por lo cual, su implementación en las PyMEs, le genera la posibilidad de una ventaja competitiva dando un valor agregado a la sociedad e impactando positivamente en ella [3].

A través de la implementación de la norma ISO 26000 las PyMEs pueden lograr ser más responsables socialmente. Esta norma internacional tiene como objetivo asesorar a las organizaciones y fomentar el desarrollo sostenible. Los principios sobre los que se basa son los siguientes:

- Rendición de cuentas, por tanto, los ciudadanos deben vigilar y evaluar si las organizaciones actúan de modo correcto y no abusan de su poder.
- Transparencia, deben ser claros en su modo de actuar.
- Tener un comportamiento ético.
- Respetar los intereses de todos los interesados.
- Respetar el principio de legalidad.
- Seguir la normativa internacional de comportamiento.
- Respetar los derechos humanos.

(Ver Figura 1)



Figura 1 Principios de la RSE [5]

2.1.4. Indicadores de Gestión Ambiental.

Una de las herramientas de gran apoyo para el seguimiento y medición de resultados es el uso de indicadores, los cuales sirven para facilitar información comparable sobre sus impactos. Son datos cuantitativos utilizados por las empresas, como por ejemplo el consumo de agua, salud, seguridad, derechos humanos, entre otros.

Los indicadores ambientales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Indicadores de comportamiento medioambiental: son aquellos que miden la eficiencia y el desempeño ambiental de las operaciones o procesos dentro de la organización.
- Indicadores de gestión medioambiental: son aquellos que miden los esfuerzos de la gerencia para influenciar el desempeño ambiental de la organización. Por ejemplo, el número y resultados de las auditorías medioambientales realizadas, estas cifras sirven para el control interno y de información, pero no reflejan el comportamiento medioambiental real.
- Indicadores de situación medioambiental: son aquellos que proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

(Ver Figura 2)

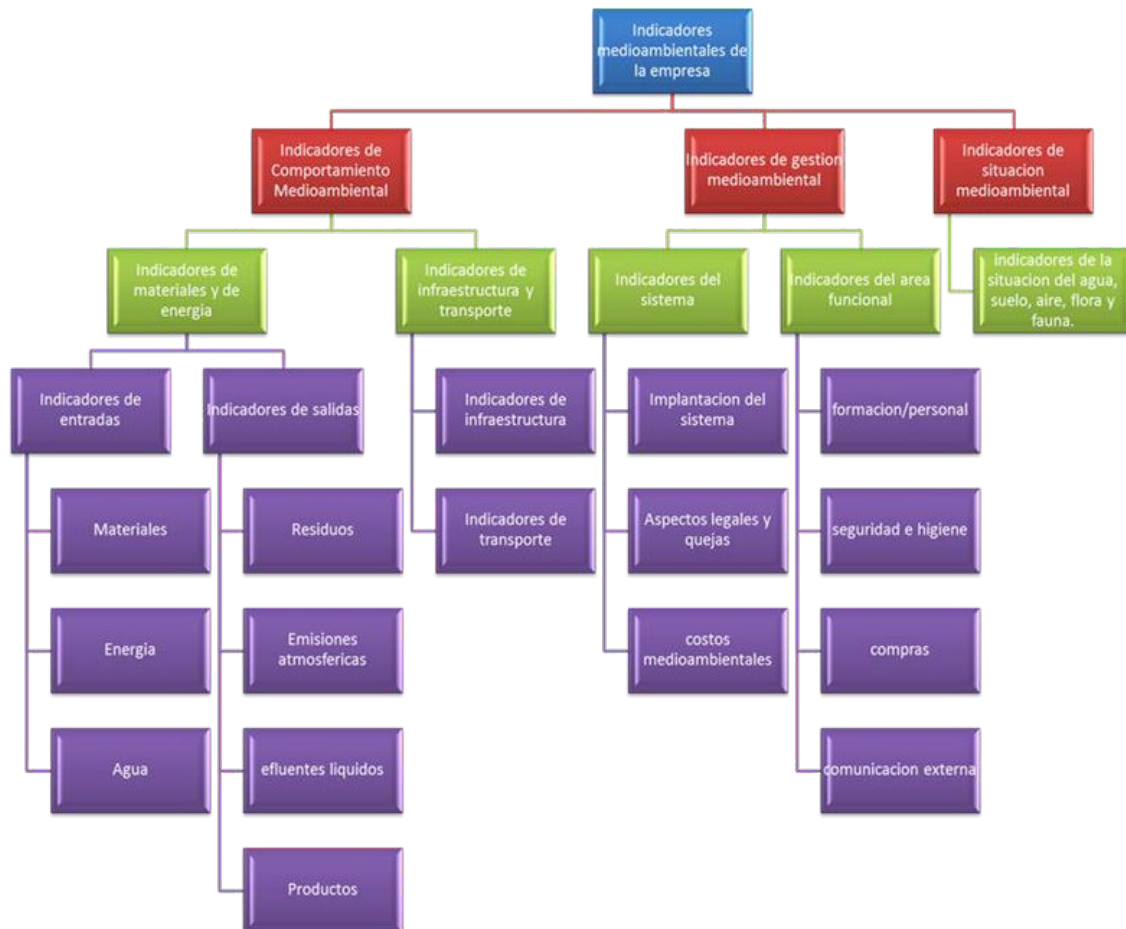


Figura 2 Indicadores Medioambientales [6]

En el caso de las PyMEs por lo general es suficiente comenzar por indicadores de comportamiento medioambiental, que son los que pueden permitir el mayor potencial de ahorro económico [7]. Para el caso de las grandes empresas, por lo general, incluyen los de gestión medioambiental. Mientras que los de situación medioambiental suelen resultar interesantes para aquellas empresas que son las causantes del daño.

Otro tipo de método para observar la incidencia, por parte de los procesos productivos de las PyMEs sobre el medio ambiente, es la aplicación de indicadores biofísicos de sostenibilidad entre los cuales podemos mencionar la huella ecológica, la huella de carbono y la huella hídrica.

2.1.4.1. Huella ecológica

El objetivo fundamental de calcular la huella ecológica consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y compararlo con la biocapacidad del mismo. Se trata, pues, de un indicador clave para la sostenibilidad. En el caso de una empresa la misma se puede calcular obteniendo la relación entre el consumo y la productividad [8].

2.1.4.2. Huella de Carbono e Hídrica

Las empresas cada vez más se interesan en los indicadores como la huella de carbono y la huella hídrica de sus productos; y los cuales se basan en el concepto de Análisis del Ciclo de Vida.

La huella de carbono de una organización es la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto a través de la actividad que desarrolla dicha organización, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización. Mientras que la huella hídrica hace referencia tanto al uso directo del agua de un consumidor o productor, como a su uso indirecto.

Las normas ISO 14046, 14067 y 14069 son guían para el cálculo de este tipo de huellas factibles de ser implementadas en las PyMEs.

2.1.5. Aplicación de Norma ISO 14001/15.

La serie de normas ISO 14000 es un conjunto de normas internacionales publicadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO), que incluye la Norma ISO 14001 que expresa cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. La norma ISO 14001 es aplicable a cualquier organización, de cualquier tamaño o sector, que esté buscando reducir los impactos en el ambiente y cumplir con la legislación en materia ambiental.

Los sistemas de gestión orientados al cuidado del medio ambiente permiten a las organizaciones prevenir riesgos, mejorar su rentabilidad y desarrollarse de manera sustentable, fijando objetivos como la reducción de emisiones, de residuos y de costos.

Estas medidas preservan los recursos naturales y crean nuevas oportunidades de desarrollo económico para las empresas, siendo un medio para la optimización de los procesos y demostrando su compromiso hacia el entorno.

A continuación, se mencionan algunos beneficios con su implementación:

- Asegurar el cumplimiento con los requisitos legales
- Identificar riesgos ambientales
- Diseñar y desarrollar procesos ambientalmente compatibles
- Contribuir con el desarrollo sustentable
- Gestionar adecuadamente los residuos
- Administrar eficientemente los recursos y la prevención de accidentes ambientales

(Ver Figura 3)



Figura 3 Beneficios de la ISO 14001 [9]

Dentro de la familia de las ISO 14000 se encuentran una serie de normas factibles de ser aplicadas en las PyMEs; entre las cuales se hallan [10]:

- ISO 14001-2015: Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
- ISO 14004-2016: Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre la implementación.
- ISO 14005-2010: Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la implementación de un sistema de gestión ambiental por etapas, incluyendo el empleo de la evaluación del desempeño ambiental.
- ISO 14006-2011: Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.
- ISO 14020-2000: Etiquetas y declaraciones ambientales. Principios generales.
- ISO 14031-2013: Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices.
- ISO 14040-2006: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14045-2012: Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices.
- ISO 14046-2014: Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices.
- ISO 14064 (Parte 1, 2 y 3): Gases efecto invernadero.
- ISO 14067-2018: Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación.
- ISO 14069-2013: Gases de efecto invernadero. Cuantificación e informe de las emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones. Orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064 Parte 1.

2.1.6. Producción Limpia (P+L).

La Producción más Limpia (P+L) es una estrategia preventiva que se aplica a los procesos, productos y servicios, con la finalidad de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente [11].

La aplicación de la Producción más Limpia puede ayudar a las empresas a mejorar sus ganancias por medio de la reducción de costos de producción. La P+L se caracteriza por ser la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada que tiene el propósito, entre otros, de aumentar la eficiencia global y reducir riesgos para las personas y el medio ambiente.

La implementación de P+L en una PyME, al igual que en cualquier organización, se aplica tanto en sus procesos, productos y servicios. Su aplicación a procesos se hace por medio de la conservación de materia prima, agua y energía; eliminación de materia prima tóxica y reducción en origen de la cantidad y toxicidad de las emisiones y de los residuos generados. La aplicación a los productos se realiza por medio de la reducción de los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. Y, por último, a los servicios, por medio de la incorporación de cuestiones ambientales en sus fases de planificación.

En la Figura 4 se puede observar como implementando algunas mejoras en los procesos y en el producto se puede reducir determinados riesgos y costos; y mejorar a su vez, la eficiencia de los procesos productivos la calidad de su producto y/o servicio y sobre todo la imagen de la empresa.

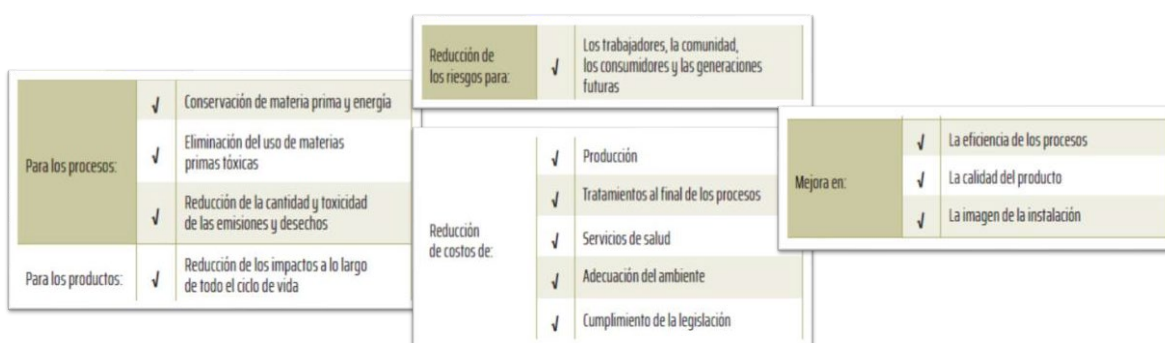


Figura 4 Producción más Limpia [12]

2.1.7. Marketing Ecológico / Ecodiseño.

Este concepto se halla estrechamente ligado al desarrollo sostenible, ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico [13].

Al Marketing se lo define como “al conjunto o sistema de actividades organizadas que tienen un enfoque u orientación a la satisfacción de las necesidades y deseos del consumidor, y a lograr los objetivos de la organización en cuanto al volumen de ventas”, es decir, que la demanda de los productos y servicios sea en forma rentable. Por lo cual, el Marketing Ecológico es “la manera en la que se percibe y lleva a cabo la relación de intercambio, con el propósito de que sea satisfactoria para las partes interesadas, la sociedad y el medio ambiente, mediante el desarrollo, valoración, distribución y promoción de los bienes, servicios o ideas que la contraparte necesita, de forma que, ayudando a la preservación y mejora del medio ambiente, éstos contribuyan al desarrollo sostenible

de la economía y la sociedad" [14]. El Marketing Ecológico tiene como propósito crear bienes que satisfagan las necesidades de los consumidores, a un precio razonable y cuyo impacto medioambiental sea mínimo.

Las PyMes que decidan definirse como "empresa verde" puede otorgar muchos beneficios, entre ellos, la sitúa con un mejor posicionamiento de la marca. Además, le servirá para llevar ventaja frente a otras organizaciones que no adoptan esta estrategia. Por otro lado, los clientes la valorarán con un atributo extra, es decir usar el marketing sostenible le añadirá el atributo de ser capaz de gestionar eficientemente sus valores éticos, sociales y medioambientales.

Como una aplicación asociada al Marketing Ecológico se puede mencionar al Ecodiseño, el cual se encuentra estrechamente ligado al "diseño sostenible"; el cual considera acciones orientadas a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo (Ver Figura 5).



Figura 5 Ecodiseño [15]

Las diez consideraciones ambientales referidas al ecodiseño son [16]:

1. Uso de materiales con menos impacto ambiental
2. Reducción del uso de los materiales en la fabricación de productos
3. Reducción del uso de los recursos interviniente en el proceso productivo
4. Reducir la contaminación y los desperdicios
5. Disminuir los impactos ambientales de la distribución de productos
6. Tender a asegurar que los productos utilicen menos recursos cuando los utilicen los clientes finales
7. Lograr que los productos causen menos desperdicio y contaminación cuando están en uso
8. Optimizar la función de los productos y garantizar la vida útil más adecuada
9. Facilitar la reutilización y el reciclaje
10. Reducir el impacto ambiental de la eliminación

Cabe resaltar que el concepto de Ecodiseño también es contemplado incluso por la norma ISO 14006 y la cual lo define como "la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida de un producto" [8].

2.1.8. Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación/disposición de los residuos/desecho).

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es por tanto una metodología empleada en el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción, con el fin de evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo), asociados con el sistema que se está evaluando.

El ACV se divide en cinco etapas: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida. A través de la Figura 6 se pueden observar las cinco etapas referidas a la aplicación del ACV [17].



Figura 6 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

A nivel normativo, el Comité Internacional de Estandarización (ISO) ha establecido una serie de normas para la estandarización de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida. La norma ISO 14040 establece los principios y el marco de referencia y la ISO 14044 que establece los requisitos y directrices: definición del alcance, procedimientos de recogida de datos para crear el inventario de ciclo de vida, fase de cálculo de impactos ambientales, interpretación de resultados, etc.

El ACV es una herramienta útil para la toma de decisiones relativas a la mejora ambiental. Dicha aplicación, combinada con estrategias económicas, sociales y laborales, puede transformarse en una estrategia empresarial que lleve a las PyMEs a ser más competitivas.

2.1.9. Logística Inversa.

La logística inversa es aquella que analiza los procesos logísticos relacionados con el retorno de productos desde el consumidor al productor, el reciclaje, la reutilización de materiales y componentes, la eliminación de residuos y las operaciones de reacondicionamiento, reparación y re-fabricación [18] (Ver Figura 7). La gestión de productos devueltos tiene como objetivo recuperar tanto valor económico y ecológico como sea posible; reduciendo de esta forma las cantidades finales de residuos.

La implementación de lo que se conoce como logística inversa en una organización se ha convertido en el último tiempo una variable estratégica para obtener ventajas competitivas.



Figura 7 Logística Inversa [19]

Para llevar adelante la incorporación de la logística interna en una PyME existen técnicas para que los productos o diferentes elementos de la empresa retornan a la misma, ya sea desde un punto de distribución (por ejemplo: punto de retorno de envases) o desde el cliente final (devolución de una prenda de ropa).

2.1.10. Economía Circular.

La economía circular es un modelo que se basa en la producción de bienes y servicios de manera sostenible; es decir, realizar productos que minimicen los posibles impactos ambientales, conseguir que los productos y recursos mantengan su utilidad y valor el mayor tiempo posible; y no tenga un coste elevado [20].

El objetivo de la economía circular se la puede visualizar en la Figura 8.



La economía circular se la define también como una estrategia que permite crear valor mediante la gestión de recursos, bienes y servicios a través de la reducción, reutilización y reciclaje de los elementos involucrados en los procesos productivos (Ver Figura 9).

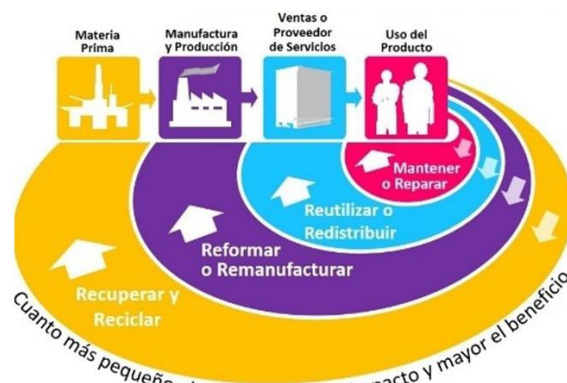


Figura 9 Economía Circular [22]

La aplicación de la economía circular en las PyMEs, además de lograr una mayor competitividad y un crecimiento económico, pasa a mejorar la calidad de vida de las personas que conforman dicha organización a través de la creación de empleo y genera condiciones propicias para el desarrollo sostenible desalentando el uso de recursos no renovables intervinientes en su proceso productivo.

2.1.11. Benefit Corporations (BCorp).

El BCorp es una herramienta de evaluación de sostenibilidad y que pretende tener un impacto tanto en lo económico, social y ambiental. Las empresas que certifican “Empresas B” buscan solucionar problemas sociales y ambientales a partir de los productos y servicios que comercializan; para ello ponen el propósito empresarial al centro de su modelo de negocio. Alineado, se consideran las acciones de la empresa en cinco áreas: Gobernanza, Trabajadores, Clientes, Comunidad y Medioambiente (Ver Figura 10).



Figura 10 BCorp [23]

La certificación como Empresas B es otra alternativa para que las PyMEs puedan lograr ser más competitivas en cuanto al uso de estrategias ambientales, diferenciándose así de sus competidores.

2.2. Modelo de Desarrollo Sostenible.

En el mundo actual donde su población crece de forma exponencial, la presión sobre los recursos naturales es sin precedentes. Dado esta situación en el 2015, los países del mundo adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y por ello definieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible; cuya finalidad es lograr un modelo distinto de generar desarrollo que promueva bienestar para las Personas, Planeta, que genere Rentabilidad, Paz y Alianzas Estratégicas.

Es por esto, que las empresas tienen en la actualidad un rol más protagónico que en el pasado. Sus actividades y decisiones tienen un impacto económico, social y ambiental tanto a una escala local como global. Las empresas que quieren mantenerse en el mercado y ser competitivas tienen la responsabilidad de enmarcarse bajo parámetros de producción responsable y principios de desarrollo sostenible. Para ello cuentan con diferentes herramientas, como las que se ha descrito en el anterior apartado, para dar cumplimiento a estos cambios de paradigmas empresariales [24].

3. CONCLUSIONES.

Se concluye que el Desarrollo Sostenible es una temática de gran impacto social, sobre la cual hay que educar y concientizar a toda la población, especialmente a quienes están al mando y trabajan en empresas productivas, para entender que estas prácticas no deben ser vistas como un costo para la empresa, sino como una inversión que trae aparejada grandes beneficios. Por otro lado, que visualicen oportunidades de mejora en los procesos productivos reduciendo de esta manera el impacto ambiental, y así mismo lograr ahorros económicos.

Siguiendo prácticas sostenibles, una PyME puede mejorar su negocio, comenzar a incorporar responsabilidad con el medio ambiente y al mismo tiempo ser más competitiva con el uso eficiente de sus recursos.

Por tal motivo se llevó adelante un análisis de la situación actual en cuanto a la implementación de estrategias ambientales a través de diferentes herramientas para un modelo de desarrollo sostenible.

La implementación de cualquiera de las mencionadas herramientas, ó la combinación de ellas, le permitirá a las PyMEs aplicar un modelo de negocio cuyo eje central será el “desarrollo sostenible”.

4. REFERENCIAS.

- [1] Fortuna, Claudia (2017). “GRI STANDARDS: Nuevos estándares globales para la elaboración de reportes de sustentabilidad”. Consejo Digital. <<https://archivo.consejo.org.ar/consejodigital/RC42/fortuna.html>>.
- [2] GRI Standards. <<https://www.globalreporting.org/standards/>>.
- [3] Aguilera Castro, Adriana y Puerto Becerra Doria P. (2012). “Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social”. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-62762012000100002&script=sci_arttext&tlng=en>.
- [4] Fernández Victoria (2018). “ISO 26000, ¿en qué consiste esta norma?”. <<https://geoinnova.org/blog-territorio/medioambiente-iso-26000/>>.
- [5] Fundación Hondureña de Responsabilidad Social Empresarial - FUNDAHRSE. <<http://fundahrse.org/fundahrse/responsabilidad-social-empresarial/>>.
- [6] Cariello, Jorgelina L. (2014). “Identificación y alcance del uso de Indicadores de Desempeño Ambiental en las industrias del Gran La Plata”. COINI 2014. Puerto Madryn, Argentina.
- [7] López Sardi, Estela Mónica y Cattáneo Maricel Patricia (2013). “Los indicadores ambientales como herramientas de la economía”. <https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_19.pdf>.
- [8] Doménech Quesada, Juan L. y Arenales, Mónica G. (2008). “La Huella Ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el puerto de Gijón”. <http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2008/5/30_La_Huella_ecologica_de_las_empresas__4_anos_de_seguimiento_en_el_puerto_de_Gijon_files/OIDLES.%20LA%20HUELLA%20ECOLOGICA%20DE%20LAS%20EMPRESAS.%204%20>

AN%CC%83OS%20DE%20SEGUIMIENTO%20EN%20EL%20PUERTO%20DE%20GIJO%CC%81N.pdf>

- [9] Grupo ACMS Consultores. <<https://www.grupoacms.com/norma-iso-14001.php>>.
- [10] Normas ISO. <<https://www.iso.org/obp/ui/es/#home>>.
- [11] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI. “*Introducción a la Producción más Limpia*”. <https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf>.
- [12] País Dominicano Temático (2018). “*Producción más limpia: una estrategia frente al cambio climático*”. <<https://paisdominicanotematico.com/2018/11/11/produccion-mas-limpia-una-estrategia-frente-al-cambio-climatico/>>.
- [13] Tiempo de Negocios (2018). “*¿Sabes qué es el Marketing Ecológico?*”. <<https://tiempodenegocios.com/marketing-ecologico/>>.
- [14] Fernández, Manuel Antonio (2016). “*¿Qué es el Marketing verde o ecológico?*”. Mglobal, Marketing Razonable. <<https://mglobalmarketing.es/blog/marketing-verde-ecologico-como-se-aplica-y-beneficios/>>.
- [15] Laura López Domínguez, Laura (2011). “*Ecodiseño*”. Escuela de Organización Industrial. <<https://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/28/>>.
- [16] Decología.info. Medio Ambiente y Sociedad. “*Ecodiseño: Definición, Principios, Ventajas, Usos, Tipos Y Más*”. <<https://decologia.info/medio-ambiente/ecodisenos/>>.
- [17] Haya Leiva, Esperanza (2016). “*Análisis de Ciclo de Vida*”. Escuela de Organización Industrial.
- [18] Rentero, Antonio (2018). “*La logística inversa: ¿qué es y para qué sirve?*”. <<https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/la-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve/>>.
- [19] Profitline. (2017). “*Las 5 ventajas de implementar un proceso de logística inversa en tu empresa*”. <<https://profitline.com.co/blog-las-ventajas-de-implementar-la-logistica-inversa-en-tu-empresa/>>.
- [20] Zacarías Farah, Adriana. (2018). “*¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente?*”. <<https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>>.
- [21] Primer Seminario Internacional de Economía Circular. (2019). Ecuador. <<http://www.economiacircularecuador.com/>>.
- [22] Gobierno de Argentina. “*Gestión integral de residuos. Hacia una economía circular*”. <<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/preservacion-control/gestionresiduos>>.
- [23] Sistema B. “*Cómo me sumo*”. <<https://sistemab.org/movimiento-global/>>.
- [24] Rovira, Sebastián y Hiriart, Cecilia (2014). “*Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las pymes argentinas*”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos

de los Ríos, A.*; Clozza, M.; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A.

*Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires.
Argentina. adelosrios@unlam.edu.ar*

RESUMEN

La demanda por alimentos de calidad crece exponencialmente a nivel mundial. El desafío actual es la producción agrícola empleando técnicas e insumos que preserven el ambiente garantizando la sostenibilidad del sistema productivo, siendo de relevancia el aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química, mientras que la producción orgánica se vale de alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo. En la nutrición vegetal es particularmente importante el Fósforo (P), siendo escasos los materiales para proveerlo que estén aprobados por la normativa orgánica. El objetivo general de este proyecto es evaluar el efecto de la incorporación de estos materiales sobre el contenido de Fósforo en el suelo y el material vegetal. Los experimentos constaron de los siguientes tratamientos: i) Testigo: situación inicial del suelo y las especies vegetales autóctonas; ii) Distintos materiales caracterizados como aportes de P, no obtenidos de síntesis química. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron prioritariamente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitó su disponibilidad y absorción. Los tratamientos con Harina de hueso y su combinación con Microorganismos incrementaron el P en el suelo, aunque la forma química en la que se encontraba no lo hizo disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales. Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento fueron similares a los disponibles por los agricultores. La provisión de Harina de hueso y Microorganismos, así como la obtención local de Compost a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Esta característica de repetibilidad promueve la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Palabras clave: Huertas urbanas; Fósforo; manejo orgánico; Partido de La Matanza

1. INTRODUCCIÓN

El origen del Fósforo (P) del suelo es la roca madre, encontrándose en forma orgánica e inorgánica. Entre los componentes orgánicos encontramos residuos vegetales y animales, organismos vivos y la materia orgánica humificada, existiendo una fracción más fácilmente mineralizable (más lábil) y otra más resistente. Dentro del inorgánico podemos encontrar una fracción muy pequeña de P en solución, además de estar adsorbido a coloides del suelo, precipitado, o en los minerales primarios. La planta absorbe el P que está en solución, el cual se va reponiendo mediante un lento mecanismo de difusión, además del que puede pasar a la solución durante el ciclo del cultivo. El P inorgánico es así el principal responsable de la renovación del P en solución absorbido por las plantas, siendo mínima su presencia en la solución. Al ser absorbida, otras formas van reponiéndola con distinta velocidad. Esta fuerte interacción del P con la fase sólida del suelo hace que posea una muy baja movilidad en el perfil y una baja concentración en la solución del suelo.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal se puede clasificar entonces al P del suelo en tres fracciones: i) el P en solución (H_2PO^- y HPO^{2-}); ii) el P lábil, que incluye fosfatos adsorbidos, orgánicos y precipitados con Fe, Ca y Al; y iii) el P no lábil, constitutivo de minerales primarios y secundarios. La fracción de P en solución es la forma que se encuentra disponible para las plantas. Los principales factores del suelo que afectan la disponibilidad del P presente para el cultivo incluyen la textura, su aireación y compactación, el contenido de materia orgánica, el pH y la temperatura y humedad.

Las formas de aporte de P al suelo en producciones intensivas se pueden resumir en: i) la roca fosfórica, que puede ser utilizada en planteos orgánicos previo control de concentración de metales pesados; ii) abonos orgánicos (compost de origen vegetal, animal o combinado), con baja concentración de fósforo, que oscilan entre 0,15% y 1,70%; iii) los microorganismos del suelo, ya sea a través de la descomposición de los residuos y la mineralización de la materia orgánica liberando P a la solución del suelo, o mejorando el aprovechamiento del P edáfico (micorrizas, *Pseudomonas* y *Azospirillum*); iv) la harina de hueso, material con más solubilidad que la roca fosfórica.

El muestreo de P del suelo se realiza, en general, hasta los 20 cm de profundidad debido a su baja movilidad. Para saber si el suelo contiene un adecuado nivel de P extractable, el valor obtenido en laboratorio es comparado con un valor umbral, el cual determina el estado de suficiencia del nutriente.

1.1. Problemática a investigar

Un tema de gran relevancia cuando se habla de producción agroecológica, y en particular orgánica, lo constituye el principio básico del aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Su caracterización y manejo es un componente esencial de la productividad de los agroecosistemas. Resulta fundamental conocer los procesos que hacen a la disponibilidad de nutrientes, su sincronización con los requerimientos de los cultivos, el manejo de la materia orgánica y la preservación de la calidad física y biológica del suelo. Asimismo, es importante el conocimiento de las prácticas que atienden al manejo integral de la fertilidad en el marco de un uso sostenible de los recursos.

Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química a fin de garantizar la productividad y el mantenimiento de las condiciones nutricionales del suelo, siendo varios de ellos cuestionados por ser perjudiciales para el ambiente y la salud humana. Por su parte, la producción agroecológica se vale de otras alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo.

1.2. Fósforo: contenido y disponibilidad

Entre los elementos esenciales en la nutrición mineral es particularmente importante el P, dada su importancia relativa en el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como su presencia en el suelo. Forma parte de los nucleótidos fosfato, interviniendo por ello en los procesos metabólicos involucrados en la transferencia y almacenamiento de energía; es constituyente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de los fosfolípidos de las membranas. Participa en la regulación del pH de las células, como así también en la formación de los órganos reproductores durante la etapa de maduración de semillas y frutos. Es un elemento muy móvil en la planta, particularmente presente en células meristemáticas, de metabolismo muy activo. La movilidad del P en el suelo es muy limitada, y por lo tanto las raíces pueden absorberlo solamente de su entorno inmediato. Dado que la cantidad de este elemento en la solución del suelo es baja, la mayor parte de la absorción es activa, contra el gradiente de la concentración.

Una adecuada provisión de este elemento en un sistema de producción orgánica, ya sea a través de su agregado o su aumento en la solución del suelo, puede lograrse mediante la incorporación de los siguientes materiales:

- Roca fosfórica: se obtiene de depósitos geológicos, siendo la apatita, un mineral de fosfato de calcio, el componente principal. La mayoría de la roca fosfórica se utiliza para producir fertilizantes

fosfatados solubles, de fácil disolución al ser agregados al suelo, pero éstos no son aceptados por la normativa de producción orgánica. Cuando la roca fosfórica se añade directamente al suelo se disuelve lentamente para liberar gradualmente los nutrientes, pero en algunos suelos la velocidad de disolución puede ser demasiado lenta para sostener el crecimiento del cultivo. La efectividad de la fertilización con roca fosfórica depende del pH del suelo (preferentemente condiciones ácidas), la capacidad de fijación de P del suelo (se incrementa con un alto contenido de arcillas), un alto contenido de materia orgánica y bajo de Calcio, la incorporación con la labranza y la especie a implantar [1].

- Humus: el contenido de materia orgánica en el suelo favorece la actividad de los microorganismos, y con ello la estructura del mismo. La porosidad así lograda permite equilibrar su aireación y humedad, mejorando la disponibilidad del P. Además, la capacidad de intercambio catiónico del compost facilita la adsorción de otros elementos nutritivos y la pronta disponibilidad en la solución del suelo [2].
- Microorganismos: las cepas de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium* se encuentran entre la mayoría de los microorganismos solubilizadores de P. El principal mecanismo para la solubilización del fosfato mineral es la reducción del pH del suelo por la producción microbiana de ácidos orgánicos, mientras que las fosfatasas ácidas desempeñan un papel importante en la mineralización del fósforo orgánico en el suelo. Estas bacterias también aumentarían las perspectivas de la utilización de rocas fosfóricas que, con un alto contenido de P total pero con baja reactividad y lenta disolución, proveen de escasa nutrición al cultivo [3-5].
- Harina de hueso: es otra alternativa para la fertilización con P, siendo más soluble que la roca fosfórica. El hueso comercial es un producto que es tratado a altas temperaturas eliminándose el potencial de transmitir enfermedades.

El experimento se realizó en el predio de la Huerta Experimental Orgánica de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina (34º 59' S, 58º 48' O).

Como investigación exploratoria se analizaron los suelos de distintos sitios georeferenciados dentro de la huerta, a fin de estudiar su homogeneidad y/o variabilidad en parámetros que pueden modificar efectos sobre los resultados. A partir de técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de los suelos. Se ajustaron los procedimientos que pudieron ser realizados con el instrumental existente en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza, particularmente aquellos colorimétricos realizados con el espectrofotómetro UV-visible. Se cuantificaron varios parámetros, tales como la determinación del pH y la conductividad eléctrica (C.E., mS/cm) (peachímetro y conductímetro HANNA Combo Tester Modelo HI98129, contenido de Materia Orgánica (MO %), Carbono fácilmente oxidable (CO %) (método de Walkley-Black) y contenido de Fósforo (P %) (espectrofotómetro UV-visible). Para el material vegetal cosechado en cada punto se midió el contenido de Fósforo (P %).

A partir de los resultados obtenidos en una primera etapa del experimento se procedió al montaje y seguimiento del mismo por el término de seis meses. El experimento constó de distintos tratamientos: un testigo, utilizando el suelo tal cual en cada punto georeferenciado de la zona, y tratamientos con cada uno de los materiales incorporados: Compost, Harina de hueso, Microorganismos. El diseño experimental determinó la cantidad de repeticiones necesarias para realizar el posterior análisis estadístico de los resultados obtenidos. Dada la homogeneidad encontrada en las características físicoquímicas del suelo en las distintas parcelas, se pudo realizar un diseño completamente aleatorizado (DCA). El mismo constó de 5 tratamientos y 6 repeticiones por cada uno de ellos, quedando así 30 sitios de 1m². Los tratamientos fueron dispuestos en el terreno en forma aleatorizada.

Las muestras de suelo se tomaron en la zona central de cada parcela, 3 muestras en una transecta diagonal, dejando unos 20cm perimetrales a fin de evitar un efecto bordura. Se utilizó un barreno, extrayendo el suelo de los primeros 20cm. En laboratorio, luego del secado al aire de las mismas, se homogeneizaron las 3 muestras de cada parcela, conformando así una muestra compuesta. Este procedimiento se realizó previo a la aplicación de los tratamientos y a la finalización del experimento. Las muestras de material vegetal se tomaron en la misma zona central de cada parcela donde se muestreó el suelo; se cosechó el material vegetal aéreo que creció en forma espontánea, compuesto principalmente por gramíneas. En laboratorio fue secado a estufa hasta peso constante, y se procesó con molinillo eléctrico hasta un tamaño de partícula adecuado para su análisis químico. Finalizado el tiempo establecido se obtuvieron nuevamente muestras de suelo y material vegetal de los mismos sitios, procediendo a cuantificar los mismos parámetros que en la primera etapa.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Etapa preliminar

En la Tabla 1 se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los suelos.

Tabla1 *Parámetros que caracterizan los suelos de los sitios muestreados*

Sitio	C.E.	pH	MO %	CO %	P %
1	0,26	5,93	1,72	2,96	0,15
2	0,21	5,63	1,48	2,56	0,08
3	0,20	5,80	1,69	2,92	0,14
4	0,20	5,70	1,68	2,89	0,08
5	0,22	5,67	1,68	2,89	0,08
6	0,22	5,70	1,57	2,70	0,08
7	0,21	5,93	1,47	2,54	0,07
8	0,22	5,77	1,56	2,69	0,14
9	0,21	5,73	1,62	2,80	0,07
10	0,22	5,77	1,49	2,56	0,13
11	0,26	5,83	1,68	2,90	0,09
12	0,23	5,87	1,64	2,83	0,14

Del análisis de los parámetros podemos expresar que los distintos sitios comparten ciertas características. La conductividad eléctrica presenta valores muy cercanos entre sí y definitivamente bajos, lo cual indica que no hay situaciones de salinidad. El pH asume valores similares para los distintos sitios, y corresponde a un grado de acidez óptimo en cuanto a su incidencia en la disponibilidad del P, por lo cual no inducirá a errores de interpretación de los resultados que se obtengan del experimento.

Por su parte, tanto el contenido de Materia Orgánica como el Carbono fácilmente oxidable arrojaron valores aceptables, aunque relativamente bajos considerando que se trata de un ambiente dedicado a la producción hortícola. Estos parámetros serán especialmente considerados en el tratamiento consistente en el aporte de P a través de la incorporación de compost.

La Tabla 2 muestra el contenido de P en el material vegetal cosechado en los sitios de estudio, expresado en porcentaje.

Tabla 2 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Sitio	P %	Sitio	P %	Sitio	P %
1	0,30	5	0,22	9	0,20
2	0,18	6	0,23	10	0,27
3	0,25	7	0,20	11	0,27
4	0,22	8	0,22	12	0,25

El P determinado en los sitios (Tabla 1) presentó su típica respuesta errática, afirmando su comportamiento en el suelo, y que fuera descrita detalladamente en la introducción de este trabajo. Incluso el contenido de este elemento en el material vegetal de cada sitio (Tabla 2) no se correlaciona en forma directa con el existente en el suelo correspondiente.

3.2. Posterior a los tratamientos

La Tabla 3 muestra los contenidos de P en suelo, inicial y final, correspondientes a cada tratamiento. La Tabla 4 hace lo propio con los contenidos del elemento en el material vegetal espontáneo crecido en el lugar.

Tabla 3 *Contenido de Fósforo en las muestras de suelo*

Tratamiento	Contenido de P (mg P. kg ⁻¹ suelo)		
	Inicial	Final	Variación (%)
Testigo	800	741,80	-7,28
Compost	800	808,80	1,10
Harina de hueso	800	899,75	12,47
Microorganismos	800	823,83	2,98
Harina + Microorg.	800	1047,20	30,90

Tabla 4 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Tratamiento	P (mg P. kg ⁻¹ material vegetal)
Testigo	210
Compost	212
Harina de hueso	175
Microorganismos	222
Harina + Microorg.	182

Solamente el tratamiento Testigo disminuyó el contenido de P en suelo. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron mayormente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitarían su disponibilidad.

Justamente los tratamientos con agregado de Compost y de Microorganismos registran los mayores contenidos de P en las muestras de material vegetal (1% y 5,7% más que el tratamiento Testigo). El tratamiento con Harina de hueso incrementó en un 12,47% el P en el suelo, dato esperable dado el contenido del elemento que posee la estructura ósea. El fósforo junto con el calcio son los minerales más abundantes en los huesos, mientras que en los animales cerca del 85% del fósforo se localiza en los huesos. A pesar de la mayor concentración de P en el suelo, la forma química en la que se encuentra no lo hace disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales, lo que se refleja en un contenido en el material vegetal un 17% menor que en el Testigo (Tabla 4). La combinación del agregado de Harina de hueso y Microorganismos presenta el mayor incremento de P en suelo (30,9%). Llamativamente es un valor muy superior al obtenido con el tratamiento Harina de hueso, teniendo en cuenta que solamente este producto aporta P en forma representativa, y no los Microorganismos. En cuanto al contenido de P en el material vegetal, la presencia de estos microorganismos solubilizadores de P lo mejoró en un 4% (182 vs 175 mg P. kg⁻¹ material vegetal).

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. La provisión de harina de hueso y microorganismos, así como la obtención local de humus a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Estas características de repetibilidad permiten la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Los resultados obtenidos en este trabajo serán un importante aporte a la producción orgánica en lo referido al aumento y/o mantenimiento de la fertilidad fosforada, dado el comportamiento particular de este nutriente esencial en el suelo, brindando soluciones integradas a los problemas agroambientales. A su vez, los mismos podrán ser utilizados como base de investigación para nuevos estudios acerca del uso de abonos, fertilizantes y enmiendas autorizadas por la normativa orgánica.

5. REFERENCIAS

- [1] Álvarez R., Prystupa P., Rodríguez M. y Álvarez C. 2012. Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y Recomendación en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 174 pág. (lo agregué).
- [2] Álvarez, R. 2006. Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 206 pág. (lo agregué).
- [3] Rodríguez H., Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17:319-339.
- [4] Ahmad Ali Khan, Ghulam Jilani, Mohammad Saleem Akhtar, Syed Muhammad Saqlan Naqvi, Mohammad Rasheed. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. *J. AGRIC. BIOL. SCI.* 1(1):48-58.
- [5] Manish K., Dhananjaya P., Ratna P., Ashutosh K., Lalan S. 2016. Role of Microbial Inoculants in Nutrient Use Efficiency. Capítulo 9. En: *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*. Edit. Springer. India.

Difusión y utilización de herramientas de calidad en ambientes técnicos e institucionales.

Meretta Javier, Gómez Carlos.*

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás
jmeretta@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN:

El presente trabajo analiza, mediante estudios de caso, la incidencia del ambiente externo en el grado de difusión y utilización de herramientas de la calidad en las organizaciones. Este contexto o ambiente externo, que rodea a las organizaciones es una combinación de ambientes técnicos e institucionales, donde las características distintivas presentes en estos ambientes, consisten en que los elementos institucionales abarcan a los factores más simbólicos y culturales que afectan a las organizaciones; mientras que los elementos técnicos comprenden a las características más materialistas basadas en recursos.

Por otro lado, las técnicas y herramientas de calidad juegan un rol protagónico en los sistemas de gestión de calidad, estas pueden afectar la performance de la organización debido a que permiten manifestar las raíces de los problemas de calidad en orden de identificarlos y resolverlos, o permitiendo detectar oportunidades de mejora.

Este trabajo pretende aportar un cuadro de situación acerca de la utilización de las técnicas y herramientas de calidad en la región y colaborar con las organizaciones locales en la búsqueda de una mejora en la utilización de las mismas.

Palabras clave: Institucionalización, ambiente organizacional, técnicas y herramientas de calidad.

ABSTRACT:

This paper analyzes, through case studies, the impact of the external environment on the degree of dissemination and use of quality tools in organizations. This context or external environment, which surrounds organizations is a combination of technical and institutional environments, where the distinctive characteristics present in these environments are that the institutional elements cover the most symbolic and cultural factors that affect organizations; while the technical elements comprise the most materialistic features based on resources.

On the other hand, quality tools and techniques play a leading role in quality management systems, these can affect the performance of the organization because they allow to manifest the roots of quality problems in order to identify and solve them, or allowing to detect opportunities for improvement.

This work aims to provide a situation chart about the use of quality techniques and tools in the region and collaborate with local organizations in the search for an improvement in their use.

Keywords: Institutionalization, organizational environment, quality tools and techniques.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo analizaremos, mediante estudios de caso, la incidencia del ambiente externo en el grado de difusión y utilización de herramientas de la calidad en las organizaciones. En primer lugar definiremos que entendemos por técnicas y herramientas de la calidad, cuáles serán las herramientas en estudio y su posible utilización. En segundo lugar definiremos que entendemos por ambientes técnico e institucional y las características distintivas de cada uno. Luego explicaremos la metodología y el criterio de selección de los casos de estudio. Finalmente expondremos las conclusiones a las que hemos arribado.

1.1 Las técnicas y herramientas de calidad

Del análisis de la literatura surge que en muchos casos, los problemas de implementación de prácticas de calidad se originan en las ambigüedades originadas en el interior del propio paradigma de calidad, inducidas por lo que algunos autores denominan los aspectos duro y blando o hard y soft de la calidad [1], los aspectos blandos o culturales son aquellos donde el enfoque es hacia el lado blando o dimensión del gerenciamiento que comprende los esquemas conceptuales para la misión, los objetivos, la estrategia, la cultura, estilos de dirección, gestión de recursos humanos, estructuras organizativas y de comunicación; y por otro lado los aspectos duros de los sistemas de gestión de la calidad que hemos denominado capacidad técnica de las organizaciones, y comprende a la utilización de las técnicas y herramientas de calidad; que componen el lado duro de los sistemas de gestión de calidad [2].

Uno de los roles fundamentales que cumplen los elementos duros es el de sostener y controlar los parámetros de trabajo del sistema de gestión de calidad, a la vez que el “lado blando” de la calidad es quien crea el ambiente adecuado en la organización para la difusión e implementación de las técnicas y herramientas, generándose de esta forma un círculo virtuoso. Por lo tanto las organizaciones deben desarrollar ambos aspectos: duro y blando para alcanzar el éxito.

En este punto podemos decir que una herramienta es un dispositivo con una función definida y es usualmente aplicada por sí misma, mientras que una técnica tiene una aplicación más amplia y es entendida como un conjunto de herramientas [3]. Estos dispositivos son: [...] “métodos prácticos, destrezas, medios o mecanismos que pueden ser aplicados a una tarea en particular” [4].

Ejemplos específicos de herramientas pueden ser: Diagramas de causa efecto, Análisis de Pareto, Diagrama de relaciones, Histogramas y Diagramas de flujos. Una técnica tiene una aplicación más amplia, a menudo resulta práctica su utilización a partir de la necesidad de mayor análisis y reflexión, aunque requieren cierta destreza y entrenamiento para ser usadas con efectividad. Las técnicas pueden ser pensadas como una colección de herramientas, como por ejemplo el Control Estadístico de Procesos, que utiliza cuadros, gráficos, histogramas, etc. Otro ejemplo de técnica es el Despliegue de la Función Calidad.

Adicionalmente podríamos ilustrar esta distinción entre una herramienta de gestión de calidad y una técnica, agregando que una herramienta es algo de simple uso y aplicación inmediata, “lista para utilizar”, mientras que una técnica tiende a ser un enfoque más comprensivo e integrado para la solución de problemas que puede incluir un conjunto de herramientas que le den soporte. Hay muchas recomendaciones de cómo aplicar estas herramientas pero poca discusión sobre su pobre utilización en las organizaciones [5] y sobre su importancia para entender y facilitar la mejora de procesos.

Por caso, podemos citar un estudio empírico en 106 compañías certificadas ISO en España [6], donde se verifica la importancia de las técnicas y herramientas de calidad en la mejora de los sistemas integrales de gestión de calidad y sus resultados; el trabajo demuestra que existe una correlación positiva por un lado entre el nivel de desarrollo del sistema de gestión de calidad y el uso de técnicas y herramientas, y por otra parte entre los resultados del sistema de gestión y las mencionadas técnicas y herramientas. De forma similar en Grecia [7] se examina el nivel de uso de las herramientas y técnicas de calidad y el grado de entrenamiento de los empleados en empresas griegas certificadas. Los resultados obtenidos indican un bajo nivel de utilización de técnicas y herramientas de calidad, solamente se utilizan las más sencillas de comprender e implementar y raramente se encuentran las más complejas, atribuible a la falta de entrenamiento de los empleados. Otro estudio [8] hace foco en el estado de aplicación de técnicas y herramientas de calidad en pequeñas y medianas industrias. Como resultado se concluye que la mayor debilidad del sector es la falta de un análisis metódico de datos.

En síntesis en la literatura hemos encontrado análisis sobre la utilización de herramientas de calidad, su impacto en la competitividad, eficiencia de las organizaciones y las complicaciones y falencias detectadas en su uso.

Estos estudios también reflejan como parte del problema la falta de entrenamiento del recurso humano para su correcta utilización. En otro aspecto importante también se reconoce, aunque en menor medida, el hecho que los supervisores e ingenieros consideren la introducción de estas herramientas y técnicas como un trabajo adicional al que tienen habitualmente, por lo tanto más que un problema de entrenamiento tendría que ver con la relevancia percibida, presiones de trabajo, o problemas de tiempo. Suele ser también habitual considerar que las organizaciones japonesas al tener una concepción más amplia del concepto de supervisión, no solo centrado en el resultado de la producción, probablemente asimilan mejor el ideario de calidad, por lo tanto se suele atribuir a una diferencia cultural la relevancia y dedicación que destinan a la tarea de soporte de las prácticas de calidad.

Hemos planteado hasta aquí algunas definiciones necesarias sobre las técnicas y herramientas de la calidad, es pertinente entonces presentar al que hemos denominado como factor condicionante en la implementación de estas técnicas y herramientas: el entorno o ambiente.

1.2 El ambiente o entorno

Las organizaciones existen en entornos que condicionan la utilización de ciertas prácticas organizativas, estos contextos son significativos para poder explicar la adopción y el grado de implantación de ciertas herramientas de gestión. Como señala Scott [9] podríamos identificar dos tipos de entornos que condicionan de alguna forma a las organizaciones: entornos de naturaleza técnica y entornos de naturaleza institucional. Cómo estos entornos influyen sobre las organizaciones y las variaciones que se producen en la adopción de prácticas de calidad constituyen elementos importantes para entender como son adoptadas ciertas prácticas de calidad en las organizaciones.

Tradicionalmente los enfoques más habituales acerca de la influencia del entorno sobre las organizaciones sostenían que estas eran afectadas en dos aspectos centrales: por sus posibilidades para acceder a un stock de recursos o en su defecto por sus posibilidades de acceso a información, entendidos ambos factores como dos “recursos” que generan una importante foco de dependencia para las organizaciones. Si bien este planteo es real en tanto que ilustra claramente sobre la dependencia y la incertidumbre que pueden generar las dificultades de acceso a estos recursos claves, no nos explica de manera totalmente consistente como el entorno condiciona las decisiones de innovación e incorporación de prácticas organizativas. Es así que para poder seleccionar casos de análisis de prácticas de gestión es necesario identificar aquellos que contemplen diferentes entornos organizativos, para poder así identificar algunas posibles consecuencias en la eficacia, la adaptación y la utilización de dichas prácticas.

En otro plano de análisis diferente pero cercano para explicar el problema, las escuelas sociológicas más recientes, los antropólogos y los psicólogos cognitivos han reparado especialmente en los factores cognitivos y culturales que condicionan las acciones de las organizaciones. Este reconocimiento de diferentes elementos que constituyen el denominado ambiente organizacional, permitió de alguna manera ampliar el marco de conocimiento sobre las organizaciones superando la un tanto restringida idea de considerarlos sistemas exclusivamente técnicos, para verlos también como sistemas humanos, políticos, sociales, y culturales, por lo tanto el impulso o el fracaso de determinadas prácticas tiene determinantes no exclusivamente técnicos, entendido el sentido de “técnico” en términos amplios, como todos los aspectos del medio que son potencialmente relevantes para la fijación y el logro de metas, pero normalmente se restringen a las fuentes de insumos, los mercados de productos y los competidores. Los directivos son identificados como las personas responsables de lograr un adecuado aprovisionamiento de recursos en un mercado, diseñar sistemas eficientes de organización del trabajo, y coordinar y controlar actividades técnicas, afectadas fundamentalmente por las regulaciones y la competencia, por lo tanto son imperativos de naturaleza técnica los que mueven e impulsan a los decisores de las organizaciones.

Estos puntos de vista no son muy habituales en los trabajos de ingeniería industrial, centradas habitualmente en los problemas endógenos que se producen al incorporar las prácticas y su implementación en las organizaciones, por lo tanto este trabajo pretende cubrir un aspecto poco tratado en nuestra disciplina, habitualmente acostumbrada a tratar la implementación de prácticas de calidad como un problema de naturaleza básicamente técnica a resolver.

En nuestros proyectos de investigación hemos relevado diferentes casos de implementación de prácticas de calidad, las diferencias en la intensidad de su implementación, consistencia, y persistencia en el tiempo, nos hicieron pensar que no solo son condicionantes de naturaleza técnica las que inciden en la utilización de estas herramientas de gestión, esta intuición es la que nos ha llevado a la certidumbre de que una adecuada presentación y selección de casos de investigación debían contemplar los diferentes entornos en que estas empresas se desempeñan, ponderando por lo tanto las características de cada uno de estos casos con su contexto específico.

Desde la perspectiva de la teoría de la organización se ha hecho referencia al concepto de “campo organizacional” [10] para hacer referencia al conjunto o a la comunidad de empresas u organizaciones que comparten un sistema de significados similar e interactúan habitualmente con más frecuencia entre sí constituyendo de alguna forma un conjunto de jugadores críticos que comparten actividades y prácticas que son consideradas apropiadas para un mejor desempeño entre los actores de un conjunto o sector de organizaciones relevantes. En este artículo mencionaremos dos casos de organizaciones que hemos identificado en un proyecto de investigación, y están condicionadas por diferentes características de su entorno o campo organizacional.

Como hemos mencionado anteriormente para seleccionar los casos empíricos de este trabajo y explicarlos adecuadamente hemos utilizado el modelo conceptual de Scott [11] que identifica dos tipos básicos de entorno: entornos institucionales o entornos técnicos, si bien estos dos tipos de entorno no se suelen dar de una manera pura y rígida, sino que constituyen de alguna manera dos características que se pueden combinar en cuanto a intensidad e influencia de una manera variable, si constituyen dos soportes conceptuales válidos para explicar los determinantes contextuales que expliquen el grado de intensidad y sostenibilidad de las prácticas de gestión que una organización implementa, en nuestro caso programas de calidad.

Es preciso aclarar que los conceptos desarrollados o las tipologías no suelen describir de forma completa las características de un fenómeno dado, por lo tanto para poder analizar los casos agregaremos al concepto de entorno técnico e institucional el termino predominio, que supone un grado o inclinación de un fenómeno dado hacia unas características u otras en la conformación del entorno, no es sencillo poder acomodar los casos empíricos como casos puros, por lo tanto podemos decir que en algunas casos predominan los ambientes institucionales y en otros hay una mayor predominio de los entornos técnicos.

Para Scott [12] los dos tipos de control tanto técnico como institucional no son alternativas exclusivas, suelen estar negativamente correlacionadas pero se dan en los hechos en diferentes combinaciones posibles. En un sentido similar Selznick [13] enfatiza la distinción entre factores de naturaleza técnica e institucional, pero estos están profundamente interrelacionados y coexisten en permanente tensión. Los medios técnicos tienen implicaciones para los valores, y los valores dependen de “mundanos arreglos administrativos” en orden a ser mantenidos. Las instituciones corporizan valores no obstante lo que es bueno para los sistemas operativos no necesariamente sirve a los estándares o ideales que las instituciones sostienen. A menudo los líderes mejor intencionados fallan al no percibir los efectos culturales y simbólicos de lo que aparece meramente procedimental u operacional.

Una vez definidos estos conceptos de entorno, analizaremos tres casos de estudio representativos de dos cuadrantes, el predominio del ambiente institucional con un caso del sector público y el representativo del predominio del ambiente técnico con dos casos: una empresa de manufactura y una de servicios.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio se ha optado por una metodología cualitativa como es el estudio de casos múltiples. La complejidad hace a un objeto apropiado para ser estudiado con métodos cualitativos [14], “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 captar en alguna medida la complejidad que emerge, a la vez que la complejidad subjetiva del proceso, es un desafío que se enfrenta de manera privilegiada con la investigación cualitativa; mencionando entre los ejemplos posibles, a los procesos de cambio organizacional.

El estudio de caso consiste en la exploración profunda y pormenorizada de un fenómeno contemporáneo en su contexto real de existencia [15]. 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 [16].

De acuerdo a Marradi et al. [17] "...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 con la perspectiva teórica y los objetivos de la investigación, la unidad de análisis serán las pequeñas y medianas empresas u organizaciones de la región denominada como Área Económica Local San Nicolás. No se tienen en cuenta para el estudio las dos grandes corporaciones que rigen el mercado laboral y de bienes de la región (Acindar y Siderar); como tampoco las empresas que sean sucursales de casas matrices en el exterior de nuestro país u organismos nacionales o provinciales. La característica común es la de tener implementado un sistema de gestión de calidad con normas ISO 9000 que puede ser formal, es decir que esta certificado, o informal.

De acuerdo a Marradi A, Archenti N, Piovani J, [18] "...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 [19] 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. Las diez organizaciones elegidas para la prueba del cuestionario representan al sector privado y al sector público, a empresas de servicio y de manufactura. Para su selección se tuvo en cuenta la accesibilidad a la información y el método de la bola de nieve, donde un entrevistado sugiere a otros y así sucesivamente.

Se realizaron entrevistas en profundidad semi estructuradas que se basaron en un cuestionario surgido de una conjunción de conceptos teóricos. Estas entrevistas fueron realizadas a personas directamente relacionadas con el sistema de gestión de calidad, ya sea en la decisión de implementar este sistema, de controlarlo o mantenerlo. Se han entrevistado a organismos certificados y con una estructura formal de su sistema de gestión y que representan los casos extremos de ambientes técnicos e institucionales.

3. DESARROLLO

Para el presente trabajo se ha extraído de la literatura un conjunto de técnicas y herramientas que serán las que se abordarán en busca de determinar su grado de conocimiento y utilización en las organizaciones que componen los casos de estudio; y la posible incidencia de factores condicionantes del ambiente sobre las inclinaciones por parte de las organizaciones para utilizar algunos tipos de herramientas en detrimento de otras.

La selección de técnicas y herramientas de calidad para el estudio está conformada por 21 elementos agrupados en tres grupos, Figura 1, de la siguiente manera:

- Las siete herramientas denominadas básicas, utilizadas para análisis de problemas son: Hoja de control, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de causa efecto, Diagrama de dispersión, Gráfico de control y Estratificación.
- Las siete nuevas herramientas son: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Flechas, Diagramas matriciales, Diagrama de árbol, Matriz de análisis de datos, Diagrama de relaciones y Gráfica de programación de decisiones.
- El tercer cuerpo está formado por siete técnicas y herramientas que han sido consideradas como de mayor relevancia para el presente estudio. Estas son: Metodología de resolución

de problemas, Control estadístico de procesos, Despliegue de la Función Calidad, Ciclo PDCA, Diagrama de Gantt, Análisis modal de fallos y efectos AMFE y Diagrama de flujo.

Técnicas y herramientas de calidad		
7 básicas	7 nuevas	otras
Hoja de control	Diagrama de afinidad	Metodología de Resolución de Problemas
Histograma	Diagrama de flechas	Control Estadístico de Procesos
Diagrama Pareto	Diagramas matriciales	Despliegue de la Función Calidad
Diagr. Causa efecto	Diagrama de árbol	Ciclo PDCA
Diagrama Dispersión	Matriz análisis de datos	Diagrama de Gantt
Gráficos de control	Diagrama de relaciones	AMFE
Estratificación	Grafica de decisiones	Diagrama de flujo

Figura 1. *Técnicas y herramientas de calidad. Fuente: elaboración propia*

Los dos primeros grupos de herramientas utilizadas en la gestión de calidad tienen enfoques distintos, el primero se centra en organizar y analizar los datos disponibles con un enfoque sistemático que permite realizar diagnósticos y que se utiliza generalmente en áreas de producción. El segundo es un grupo de herramientas de gestión y planificación seleccionadas para servir de apoyo a la estrategia de Calidad Total y ser utilizadas por los directivos. El tercer grupo son técnicas y herramientas seleccionadas para este estudio y que requieren un mayor grado de institucionalización o de involucramiento de todos los niveles de la organización.

Para establecer el grado de conocimiento y utilización de las herramientas, se ha consultado a los entrevistados mediante el uso de una grilla de técnicas y herramientas tabulada de la siguiente forma: Conoce y utiliza asiduamente, conoce y utiliza ocasionalmente, conoce pero no utiliza y no conoce como última opción. Se les ha preguntado en qué ocasiones y para qué las utilizan así como el área de utilización.

Para conocer las presiones del ambiente al que están sometidas las organizaciones se ha identificado en primer lugar el campo organizacional al que pertenecen los casos de estudio, y la motivación que los decisores de la implementación de estas prácticas de calidad han tenido para incorporarlas.

3.1 Análisis

En primer lugar analizamos la motivación que han tenido los casos de estudio para implementar un sistema de gestión de la calidad, luego analizaremos las técnicas y herramientas.

3.2 Predominio de ambiente institucional sobre el ambiente técnico

El primer caso de estudio corresponde a un organismo de la administración pública, el Honorable Concejo Deliberante de la ciudad de San Nicolás (HCD). Este organismo está inmerso en un ambiente de predominio institucional por sobre lo técnico, y ha implementado un sistema de gestión de la calidad con la intención declarada de mejorar sus procedimientos de trabajo y la calidad de sus servicios, y así poder lograr una imagen de eficiencia y transparencia en la gestión.

Esta innovación, al menos en las declaraciones explícitas de los encargados de realizarla, y reflejadas en los documentos creados para justificarla, se origina en presiones por parte de los ciudadanos para obtener de las entidades públicas una mayor cantidad y variación de prestaciones, bienes y servicios públicos. Con el objetivo de superar la conflictividad y el deterioro de la imagen social de las instituciones públicas durante la crisis del año 2001, el HCD ha implementado un sistema de gestión de la calidad, basado en la filosofía de gestión orientada al ciudadano, que pasaba a ser considerado como usuario activo y no como un mero receptor de los servicios públicos.

En este contexto, en el cual una organización con fuerte impronta política como el Honorable Concejo Deliberante (HCD) desbordado por lo que percibían como una pérdida de legitimidad y debilidad política, deciden recurrir a la implementación de cambios que suponían podría hacerle recuperar credibilidad social; es así que comienzan a trabajar en un proyecto de certificación de calidad bajo normas ISO.

Parece claro, que las decisiones de los responsables del legislativo recogidas de manera textual en el Informe de Gestión 2001-2005 [20], reflejan de manera compleja las presiones de naturaleza institucional más caras a las perspectivas de Selznick [21], en el cual se articulan de manera simultánea ciertas determinaciones de *naturaleza técnica* (apelaciones a la eficiencia):

“...una creciente y justificada insatisfacción social han comenzado a cuestionar abierta o solapadamente (las instituciones) y a asociarlas a la ineficiencia cuando no a la corrupción”

De *naturaleza cultural y valorativa* (un cierto orden moral e integridad insoslayable) que obligaría a las instituciones a actuar en respuesta a las demandas:

“...dando testimonio permanente y constante de trabajo fecundo, responsabilidad en la gestión y transparencia en cada uno de sus actos, protagonismo y compromiso”

Y por último de *naturaleza política* (necesidades de supervivencia política actuando estratégicamente), como expresaba un concejal del equipo de gobiernos elegido en el mismo informe de gestión citado anteriormente:

“...no reconocerlo (la pérdida de legitimidad) claramente desde la política nos acercaría al autismo o lo que es peor aún a la estupidez”

En este contexto la motivación para implementar el sistema de gestión de calidad se basa fuertemente en presiones del ambiente institucional, el ambiente técnico se manifiesta, con menor fuerza, en palabras del responsable de calidad (personal técnico alejado de las cuestiones políticas), quien percibe al sistema como una búsqueda de eficiencia a través de mejoras en los procesos:

“Por un lado fue el tema de los registros, por otro lado era especificar los puestos del personal, armar un organigrama que no teníamos, o sea éramos todos poli funcional acá adentro. Un día estábamos acá un día estábamos allá, yo estuve en sistemas, estuve en mesa de entrada, digamos por todos lados.”

Con el manual de calidad vino el organigrama y las funciones específicas de cada uno. Y los perfiles de puestos con las misiones y funciones, entonces cada cual supo lo que tenía que hacer.”

En lo referente al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, se refleja en los datos aportados en la entrevista, un bajo conocimiento de las mismas. Siete herramientas fueron reconocidas de las cuales solamente tres son utilizadas ocasionalmente.

La Hoja de Control, el Diagrama de Causa Efecto y el Diagrama de Flujo, comprendidas entre las herramientas básicas, son utilizadas ocasionalmente en las auditorías internas, el tratamiento de observaciones y no conformidades, y en la elaboración del manual de procedimientos.

El Histograma, Metodología de Resolución de Problemas, Control Estadístico de Procesos y el Ciclo de Deming, fueron reconocidas aunque no son utilizadas.

3.3 Predominio de ambiente técnico sobre el ambiente institucional

En esta situación hemos seleccionado dos casos de estudio, una empresa de servicios (Caso A) y una de manufactura (Caso B). Ambas organizaciones responden a todos los criterios fundamentales que determinan un ambiente predominantemente técnico: se desarrollan en un ambiente competitivo, fuertemente técnico, con una marcada dependencia de recursos y fuerte control técnico de sus procesos, buscando ganar y mantener una posición consolidada en el mercado.

En el Caso A, la organización ha sido pensada desde su origen en base a un sistema de gestión de la calidad, con descripción de puestos de trabajo, procedimientos, registros y el sistema de documentación correspondiente; con la idea arraigada en la alta dirección de la organización de que el sistema de gestión de la calidad debe ser el idioma de trabajo de la empresa, que el mismo brinda datos estadísticos que permiten analizar los consumos específicos, evaluar la utilización de maquinarias, y permite tener un sistema con alta trazabilidad. Todos estos, elementos valiosos para la competitividad y supervivencia de la organización.

La organización ha recibido presiones externas por parte de su principal cliente, para obtener el certificado de calidad. Esta situación ha generado una tensión entre lo institucional y lo técnico, expresada en la visión del gerente de la empresa, que manifiesta la necesidad de certificar calidad para conseguir mejores contratos en base a un sistema de calificación de proveedores de doble vía, a la vez que quien califica también exige un bajo precio, es decir que puede contarse con un

muy buen sistema de gestión, con buenos procedimientos y baja cantidad de accidentes laborales; pero también se debe competir en el precio.

En lo concerniente al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, se refleja en los datos aportados en la entrevista, un alto conocimiento de las mismas. Solo cinco han sido desconocidas siendo estas: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Flechas, Matriz de Análisis de Datos, Gráfica de Programación de Decisiones y el Despliegue de la Función Calidad.

Doce herramientas han sido declaradas en uso, asiduamente o en determinadas ocasiones. La Hoja de Control, Histograma, Diagrama de Flujo, Metodología de Resolución de Problemas, Ciclo de Deming y Diagrama de Gantt son usualmente utilizadas en la operación de la organización. La utilización del Ciclo de Deming manifiesta una búsqueda de mejora continua a la vez que la utilización en forma asidua de una metodología para resolver problemas muestra una estructura de trabajo. La organización utiliza las herramientas de calidad básicas y complementa con algunas técnicas y herramientas más complejas en búsqueda de eficiencia. Entre las de uso ocasional se encuentran el Diagrama de Pareto, Gráficos de Control, Diagrama de Dispersión, Diagrama de Causa Efecto, Diagrama de Árbol y el Control Estadístico de Procesos.

Desde el punto de vista técnico se han incorporado herramientas de calidad con una orientación a la prestación de servicios, acompañadas de un plan de capacitación para su utilización y la motivación por parte de la empresa para que el personal adquiriera experiencia en el sistema de gestión bajo la idea de que una herramienta funciona cuando más del 80% del personal sabe utilizarla; con un precepto de menos cantidad pero conocidas por todos, la organización selecciona las herramientas a utilizar.

En el Caso B, la empresa ha implementado un sistema de gestión de la calidad motivada en una necesidad de competitividad, inmersa en un ambiente fuertemente técnico, surge la necesidad primera de diferenciarse de la competencia y luego de ganar nuevos mercados con clientes exigentes que requerirían la certificación. De esta forma, la búsqueda de competitividad y el impulso de eficiencia de la organización se transforman en motor del cambio en la organización, la necesidad de adaptarse a la crisis del año 2001 centró la atención en el conocimiento de la norma ISO, convirtiendo a la calidad en la visión estratégica de la dirección de la empresa.

Con un fuerte mensaje para empezar a trabajar con calidad y utilizar el sistema para atender al cliente, diferenciarse de la competencia, mejorar costos y buscar la mejora; la alta dirección estableció la visión estratégica de la organización, que consistió en estar preparados para el momento de salida de la crisis y tomar posición en un mercado altamente competitivo.

En cuanto al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, la empresa se muestra muy sólida, solo el Despliegue de la Función Calidad es desconocido. El grado de utilización es alto, similar a la empresa de servicios, la Hoja de Control, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Flujo, Metodología de Resolución de Problemas, Ciclo de Deming y Diagrama de Gantt son usualmente utilizadas en la operación de la organización.

El Diagrama de Afinidad, Diagrama de Dispersión, Diagrama de Causa Efecto, Diagrama de Relaciones y la Estratificación son utilizadas ocasionalmente. La empresa las utiliza en su búsqueda de eficiencia, en el control de los procesos productivos y logísticos, en busca de una excelente calidad de producto y servicio.

4 CONCLUSIONES

Todas las organizaciones se desempeñan en un ambiente técnico e institucional, en algunos casos la prevalencia de uno sobre otro es mayor y en otros existe un cierto equilibrio, pero siempre ambos ambientes están presentes.

En el caso del organismo público, donde prevalece el ambiente institucional, la incorporación de elementos institucionalizados protege a la organización de que se dude de su conducta, luego la organización se hace legítima y usa tal legitimidad para fortalecer su apoyo y asegurar su supervivencia. Las presiones sociales en búsqueda de transparencia han llevado al HCD a implementar un sistema de gestión de la calidad, implementación que parece estar motivada en una búsqueda de legitimidad más que eficiencia, donde la sola certificación de la Norma ISO parece contentar a las autoridades que componen lo que puede definirse como alta dirección. Esta aplicación ceremonial de la calidad no requiere mayores herramientas que las estrictamente necesarias para mantener la certificación. No se recurre a ellas para una búsqueda de mejora continua, el mantenimiento de la certificación se basa en el costo político de pérdida de imagen que representaría la no renovación de la misma.

Cuando existe un predominio del ambiente técnico por sobre el institucional, la búsqueda de eficiencia cobra importancia. Las presiones institucionales existen, ya que podría pensarse en este marco, que las organizaciones que no implementan un sistema de gestión de calidad y sus técnicas y herramientas, podrían ser consideradas negligentes por parte de algunas facciones gerenciales, proveedores, clientes, etc. El costo de ilegitimidad en términos de pérdidas de contratos, ventas o disminución de la categoría de proveedor se torna una amenaza muy real para las organizaciones.

En estos casos la prevalencia del ambiente técnico sobre el institucional lleva a una búsqueda de eficiencia en un entorno competitivo, las organizaciones buscarán incorporar y utilizar todas las herramientas a su alcance para cumplir con los objetivos establecidos. Las empresas analizadas, tanto de manufactura como de servicios, se encuadran en esta situación y presentan un mayor nivel de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de calidad; puede observarse su uso en el control de los procesos, análisis de resultados y generación de propuestas de mejora; a su vez, el nivel de complejidad de las herramientas utilizadas podría relacionarse con el nivel de desarrollo o la madurez del sistema de gestión de la calidad. El nivel de conocimiento y utilización de estas herramientas es ligeramente mayor en la empresa de manufactura que en la de servicios. Esta diferencia puede atribuirse al hecho de tener procesos distintos con otro tipo de gestión y control, a la vez que al tener como producto final a un tangible trabaja, mide y controla una mayor cantidad de parámetros.

Se ha observado otro tema de interés, que requerirá una investigación más profunda en otros trabajos, y reside en la disociación entre la búsqueda de legitimación externa y la búsqueda de eficiencia interna, dado que la intensidad de las presiones externas para adoptar el estándar, no está necesariamente relacionada con la intensidad de las motivaciones internas para lograrlo. Esta forma de incorporación de prácticas de calidad conlleva a una aplicación ceremonial y sin sustancia de las mismas que terminan siendo laxas en su funcionamiento. La implementación de calidad en un organismo como el HCD basado en una necesidad de legitimación social, sin una búsqueda o necesidad de eficiencia, puede constituir uno de estos casos; donde las herramientas de calidad utilizadas son las mínimas y estrictamente necesarias para la supervivencia del sistema. Esta situación suele ocurrir también en pequeñas empresas que implementan un sistema de gestión de la calidad para satisfacer las presiones de un cliente o cambiar su categoría de proveedor, casos donde el personal toma al sistema como una carga extra, un sistema paralelo al utilizado habitualmente, o un trabajo a contrarreloj ante la llegada de la auditoría. El origen de esta falta de compromiso radica muchas veces en la falta de convicción de la alta dirección que aplica ceremonialmente las prácticas de calidad y las percibe como un gasto sin apreciar los beneficios.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wilkinson, A., Willmott, H. (1995): Making quality critical, Londres, Routledge.
- [2] Evans, James R.; Lindsay, William M. (2008). "Administración y control de la calidad" Cengage Learning 7º edición ISBN-13: 978-970-686-836-7.
- [3,4] McQuarter, R.E., Scurr, C.H., Dale, B.G. and Hillman, P.G. (1995), Using quality tools and techniques successfully, The TQM Magazine, Vol. 7 N° 6, pp. 37-42.
- [5] Ramford D., Greatbanks R. 2005. The use of quality Management Tools and techniques: a study of application in everyday situations. International Journal of Quality & Reliability Management Vol 22 N° 4. pp. 376-392.
- [6] Tarí J.J., Sabater V. 2004. Quality Tools and techniques: Are they necessary for quality Management?. Int. J. Production Economics Vol. 92. pp. 267-280.
- [7] Fotopoulos C., Psomas E. 2009. The use of quality Management Tools and techniques in ISO 9001: 2000 certified companies: the Greek case. International Journal of Productivity and Performance Management. Vol. 58 N°6, pp. 564-580.
- [8] Shamsuddin Ahmed, Masjuki Hassan, 2003. Survey and case investigations on application of quality Management Tools and techniques in SMLs. International Journal of Quality & Reliability management Vol. 20 N°7. pp795-826.
- [9, 11,12] Scott, W. 1998. Organizations: Rational, Natural and Open Systems. Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie · January 1998
- [10] Di Maggio and Powell. 1983. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. American Sociological Review Vol. 48, No. 2 (Apr., 1983).
- [13] Selznick, P. 1949. TVA and the grass roots; a study in the sociology of formal organization. Berkeley, CA: Univ. of California Press.
- [14, 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.
- [15] Yin Robert (2011) Qualitative Research from start to finish. The Guilford Press ISBN 978-1.60623-977-3.
- [17, 18] Marradi A, Archenti N, Piovani J.; (2010). "Metodología de las ciencias sociales". Buenos Aires, Cengage Learning.
- [19] Stake, R. (1995). The art of case study research. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [20] Informe de Gestión 2001-2005. Honorable Concejo Deliberante (HCD) de San Nicolás, 2005.
- [21] Selznick, P. 1949. TVA and the grass roots; a study in the sociology of formal organization. Berkeley, CA: Univ. of California Press.
- [22] Meyer, John. W. y Brian Rowan. 1977. "Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony". American Journal of Sociology 83 (2): 340-363.
- [23] Boiral, O. 2003. OrganizationalScience, Vol.14 N° 6 pp. 720-737.

Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Morris, Jonathan; García, Mauricio; Bertoglio, Carla; Lafflito, Cristina*

I4 Facultad de Ingeniería –Universidad de Lomas de Zamora

Dirección: Ruta prov. 4 y Av. Juan XXIII Lomas de Zamora

Jmorris2985@gmail.com

RESUMEN.

En la actualidad el uso razonable de la energía a nivel mundial toma mayor protagonismo debido a la concientización de las naciones y de las personas sobre la contaminación que producen la mayoría de las fuentes de energía. Ante esta realidad son necesarias acciones en conjunto de las organizaciones públicas y privadas para conseguir un cambio significativo.

Las energías renovables representan una opción apropiada al tener la ventaja de ser inagotables, limpias y que se pueden utilizar de forma auto gestionada. Estas deben ser implementadas en conjunto con un plan de gestión de la energía.

En este contexto, el presente estudio evalúa una serie de medidas integradas necesarias para implementar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora un uso racional de la energía y la cogeneración en base a energías renovables disponibles.

Con esto se lograría una optimización del sistema, logrando una iluminación adecuada para cada espacio así mismo se disminuiría significativamente el consumo de energía. En base a cálculos realizados con la sola utilización de luminarias led se estima una disminución en el consumo de energía.

Si bien es un proyecto aplicable a cualquiera de los edificios de la Universidad. Con su implementación se abren nuevas oportunidades para la enseñanza con el ejemplo, demostrando su aplicación a los alumnos y aportando conocimientos para la comunidad con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible.

Palabras Claves: Eficiencia energética, universidades, ahorro energético, cambio de hábito,

ABSTRACT

At present, the reasonable use of energy worldwide takes on greater prominence due to the awareness of nations and people about the pollution which is produced by most energy sources. In view of this situation, joint actions by public and private organizations are necessary to achieve a significant change.

Renewable energies represent an appropriate option because it has the advantage of being inexhaustible, clean and can be used in a self-managed way. These must be implemented in conjunction with an energy management plan.

In this context, the present study evaluates a sequence of integrated measures which are necessary to implement in the Faculty of the National University of Lomas de Zamora a rational use of energy and cogeneration based on available renewable energies.

With this, an optimization of the system would be reached, achieving adequate lighting for each space and the energy consumption would be significantly reduced. Based on calculations made with the use of LED luminaires alone, a decrease in energy consumption is estimated.

Although it is a project applicable to any of the buildings of the University, with its implementation new opportunities for teaching are opened, demonstrating its application to students and providing knowledge for the community with the objective of contributing to sustainable development.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años a nivel mundial, pero sobre todo en la Argentina la energía es un tema de prioridad en la agenda nacional. Esto es producto de la necesidad real de este recurso para el crecimiento y confort de la sociedad. Sin embargo para el sector industrial es relevante dada la escases de energía, lo que puede comprometer la productividad o hasta la supervivencia de las empresas.

También es cierto que, en la actualidad, se está frente a un contexto de mayor conciencia de la comunidad sobre los impactos ambientales que las actividades humanas ocasionan en el medio ambiente y, además, se busca una mejora en la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras.

Dentro de las medidas internacionales en las que se puede evidenciar esta conducta se encuentran los 17 Objetivos de Desarrollo sustentable de la ONU. Por estas razones, es que se está priorizando utilizar tecnologías para el aprovechamiento de recursos renovables. En Argentina existe una gran disponibilidad y potencialidad para su explotación.

Bajo estos dos contextos en el país se está ampliando la matriz energética sin perder el foco de buscar la diversificación para no depender de los combustibles fósiles. Los proyectos aprobados prioritariamente fueron de generación de energía eléctrica en base a energía solar, eólica y en menor escala biomasa, dentro del Programa RenovAr.

Para poder desarrollar estas tecnologías en el país es necesario contar con los profesionales capaces de diseñar, gestionar, planificar e implementar los proyectos, creemos que para esto sea viable en el tiempo, se debe realizar la formación de estos profesionales en los centros de educación nacionales. Por ello la importancia de que estos centros no solo apliquen el contenido en los programas educativos, sino que también apliquen proyectos alineados a esta temática en los establecimientos.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora, es una casa de altos estudios donde actualmente se encuentran cursando 3600 alumnos, en las carreras de Ingeniería Industrial, Mecánica, Mecatrónica y Ferroviaria. Constituye uno de los centros más importante de la zona para la formación de los profesionales, los cuales generalmente se desenvuelven en la industria de la región y alrededores. En este contexto es que se ideó el proyecto "Mejora en la eficiencia de energía eléctrica mediante el uso de celdas fotovoltaicas para la Facultad de Ingeniería de la UNLZ".

2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO

2.1 Objetivo General

El objetivo general del proyecto es el de evaluar la factibilidad técnica y una propuesta preliminar para el plan de acción de gestión de la energía. Contemplando un sistema de generación de energía eléctrica en función de celdas fotovoltaicas que permitan, a la Facultad de Ingeniería para abastecer las luminarias internas del edificio.

2.2 Objetivos Específicos

Durante el desarrollo del proyecto se alcanzaron otros objetivos, más específicos, como:

- Relevar la situación actual de la Facultad de Ingeniería en lo que concierne a situación energética.
- Determinar un programa de acciones resultante de los datos del diagnóstico energético.

2.3 Alcance de la Publicación

Él presenté trabajo busca conseguir los mencionados objetivos dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora. Sin embargo, los métodos son extrapolables a otras instituciones.

3. METODOLOGÍA

Para el estudio del proyecto se realiza un análisis de campo, relevamientos de espacios y características a fin y un estudio posterior de los datos obtenidos. A continuación, se exponen las variables y procedimientos utilizados:

3.1 Relevar la situación actual de la Facultad de Ingeniería en lo que concierne a situación energética

En primera instancia se determinó las dimensiones del aula y gabinete tomados como muestras de análisis (Aula1 y Gabinete 3), a continuación, se estudió el nivel de iluminación, el método de medición que frecuentemente se utiliza es emplear una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición, que cubre toda la zona de trabajo. Indicado por la súper intendencia del Trabajo. Se utilizó un luxómetro rango de medición 0-400.000 exactitud, +-5%, resolución 0.1 lux.

Posteriormente se analizó el tipo de iluminación y se contabilizaron las luminarias utilizadas por aula, teniendo como base el plano de distribución de aulas, haciendo una sectorización previa. Luego se evaluó el consumo por sector teniendo en cuenta la duración de su uso en horas y su frecuencia en días de semana. Se confeccionó una tabla que reúne todos los datos relevados y se asignaron los diferentes sectores. Se afectaron estos valores por un factor de simultaneidad, lo cual estableció que el uso de las luminarias no es realizado al 100% en toda la jornada, dando lugar a la estimación de un valor aproximado al 90%. Luego se realizó el cálculo de lúmenes necesarios tomando como parámetros de comparación el Aula 1 y el gabinete N°3 de planta baja. Se tomaron como referencia para los demás puntos de muestreos (aulas de planta alta y gabinetes) ya que sus dimensiones son similares tanto en planta baja como en planta alta. Se compararon los valores reales versus los valores teóricos según la legislación vigente.

4. RESULTADOS RELEVAMIENTO.

4.1. Dimensiones de Aulas de muestras Índice de Intensidad de Iluminación

Como primera instancia se determinaron las medidas de las aulas de muestras y se procede a indicar los resultados de los cálculos para determinar la iluminancia media del Aula 1 (1), (2), (3).



Figura 1 Mediciones del Aula 1-Elaboracion Propia

Para poder determinar el número mínimo de mediciones en el aula 1, calculamos el índice del local en la ecuación (1), en función a las dimensiones del aula (ver figura 1) con dicho índice pudimos concluir que son 9 las mediciones necesarias, estas se realizaron en una cuadrícula dentro del aula (2).

$$\text{Índice del local} = \frac{11,2 \text{ mts} \times 7,6 \text{ mts}}{4,2 \text{ mts} \times (11,2 \text{ mts} + 7,6 \text{ mts})} = 1 \quad (1)$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (1+2)^2 = 9 \quad (2)$$

En la ecuación (3) calculamos la iluminancia media a partir de las 9 mediciones.

$$E \text{ media} = \frac{390+289+271+381+362+280+372+355+282}{9} = 331,33 \text{ Lúmenes} \quad (3)$$

Para asegurar una uniformidad razonable en la iluminancia de las aulas, el Decreto 351/79 se exige una relación no menor de 0,5 entre sus valores mínimo y medio. Se verifica en el cálculo (4)

$$271 \geq \frac{331,33}{2} \Rightarrow 165,66 \quad (4)$$



Figura 2 Mediciones del Gabinete 3 -Elaboración Propia

Se utiliza la misma metodología para el gabinete 3 (ver figura 2) el número mínimo de mediciones también son 9.

$$\text{Índice del local} = \frac{3,6 \text{ mts} \times 6,8 \text{ mts}}{4,2 \text{ mts} \times (3,6 \text{ mts} + 6,8 \text{ mts})} = 1 \quad (5)$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (1+2)^2 = 9 \quad (6)$$

$$E \text{ media} = \frac{333+293+464+438+458+372+355+432+345}{9} = 387,77 \text{ Lúmenes} \quad (7)$$

$$293 \geq \frac{387,77}{2} \Rightarrow 193,8 \quad (8)$$

Se observó que en ambos casos las mediciones son superiores a los valores exigidos en el Decreto 351/79 y Norma IRAM-AADL J 20-06.

“Tarea moderada crítica y prolongada con detalles medianos. Iluminación sobre el plano de trabajo de 300 a 700Lux. Ejemplos Trabajos comunes en oficina, tales como: Lectura, escritura y Archivo”(3)

4.2. Relevamiento Cantidad de Tubos y Tipo de tecnología

El tipo de tecnología que se utiliza para la iluminación interna de las aulas, pasillos, gabinetes y sanitarios son tubos fluorescentes. Diámetro 26mm; Casquillo G13; Potencia 36W. Posee un amplio rango de temperatura color de 2700-8000K en la facultad se utiliza una temperatura color de 4000K. Vida Útil promedio 16000hs.

Las luminarias son de superficie, cuentan con 2 tubos y un equipo auxiliar, balasto electrónico. Figura 3

Para poder analizar la iluminación natural del aula se realizó un modelado, (ver figura 4) donde se puede observar que hay áreas oscuras que dependen de la luz artificial.

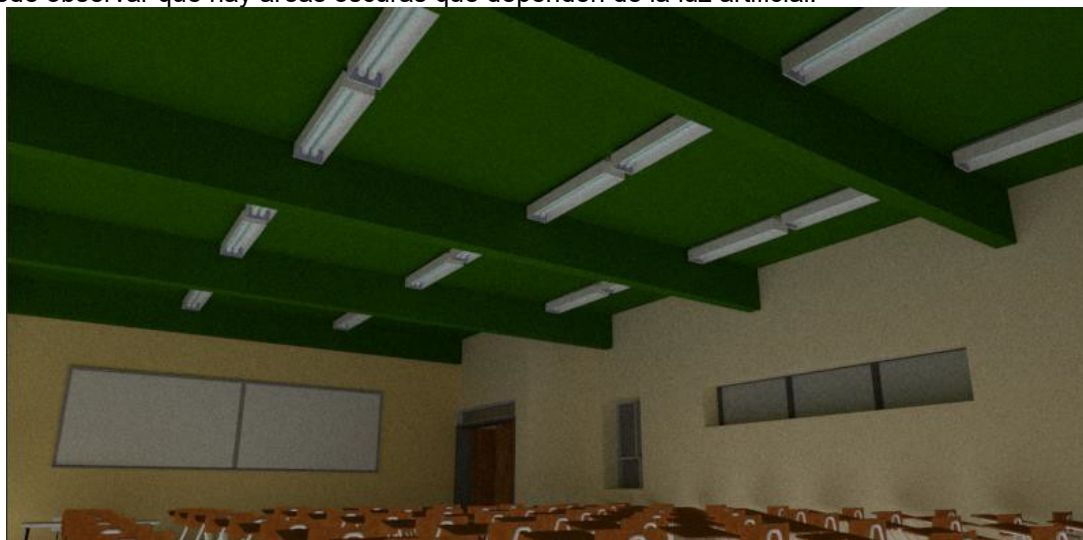


Figura 3 Modelado de la situación actual-Elaboración Propia



Figura 4 Modelado de la situación actual ingreso luz natural -Elaboración Propia

El resultado del relevamiento de la cantidad de tubos se indica en las tablas (1), la correspondiente a la planta baja y en la tabla (2) al primer piso.

Tabla 1 Relevamiento cantidad de tubos planta Baja

Sector A	Total de Tubos	Sector B	Total de Tubos	Sector C	Total de Tubos
Aula 1	36	Oficina baño	8	Pasillo	12
Aula 2	36	Laboratorio CIM	44	Extensión	6
Aula 3A	24	Laboratorio informática	34	Mesa de entrada	6
Aula 3B	24	Materiales	24	Consejo	16
Sala de Profesores	7	Baños	16	Tesorería	4
Gabinete 2	7	CNC	24	Personal	12
Gabinete 3	7	Caldera	24	Patrimonio	4
Gabinete 4	6			Centro de Estudiantes	4
Pasillo	40	Hidráulica	24	Portería	6
Escalera	2	Química	24	Sec. Académica	12
Baños de Mujeres	8	Simulación numérica	14	Alumnos	4
Baños de Hombres	8	Oficina higiene	4	Coord. Escuela	6
Baños de Profesores	8	Laboratorio ambiental	14	Pasillo y hall central	24
Deposito	4	Gabinete informática	14	Total	116
Total	217	INTI	14		
		Librería	18		
		Escalera	2		
		Deposito	2		
		pasillo 1	42		
		pasillo 2	14		
		Total	360		

En la planta baja se contaron un total de 693 Tubos.

Tabla 2 Relevamiento cantidad de tubos planta alta.

Sector A	Total de Tubos	Sector B	Total de Tubos	Sector C	Total de Tubos
Aula 4	36	Oficina baño	8	Pasillo	12
Aula 5	36	Aula 7	24	Laboratorio Idiomas	24
Aula 6A	24	Aula 8	24	Sala de lectura	12
Aula 6B	24	Aula 9	24	Sec. Académica	8
Gabinete 5	7	Aula 10	24	Planeamiento	8
Gabinete 6	7	Baños	16	Secretaria Económica	8
Gabinete 7	7	Gabinete Inv / Empresa Simul.	24	Sala de Reuniones	12
Gabinete 8	6	Laboratorio Física	24	SIU	8
Pasillo	40	Aula postgrado / Sec Inv.	24	Decanato	8
Escalera	2	Aula Taller	14	Aula magna	24
Baños hombre	8	Preceptora	4	Total	124
Baños mujer	8	Investigación	14		
Baños profesores	8	Gabinete 9	14		
Deposito	4	Coordinación	14		
Total	217	Gabinete INV.	18		
		Escalera	2		
		Deposito	2		
		pasillo 1	42		
		pasillo 2	14		
		Total	330		

En la Planta Alta se contaron un total de 671 tubos.

4.3 Consumo energético para la iluminación

El cálculo de la potencia (Ver tabla 3), se determinó con una estimación de 40W por tubo incluyendo el consumo de los balastos electrónicos, y la estimación de la energía se calcula en una jornada de 8 horas que es promedio de horas en las que están encendidas las luminarias en facultad, en los periodos de mayor consumo que es durante la estación de invierno.

Tabla 3 Calculo de Potencia y Energía instalada en iluminación.

Sector	Área m ²	Cantidad de Tubos	Potencia kW	Consumo Energía Inst. kWh
A Planta Baja	674	217	8,68	69,44
B Planta Baja	870	360	14,4	115,20
C Planta Baja	729	116	4,64	37,12
A Planta Alta	674	217	8,68	69,44
B Planta Alta	870	330	13,2	105,60
C Planta Alta	729	124	4,96	39,68
Total	4546	1364	54,56	436,48

Pero para que la estimación de la energía demandada sea real se debe incluir un factor de simultaneidad y considerar cual será el consumo real estimado, como en la mayoría de la jornada la totalidad de las luminarias se encuentran encendidas el factor de simultaneidad es alto, para el caso se adopta un coeficiente del 90%.

Tabla 4 *Calculo Energía estimada en 8 hs*

Sector	Consumo Energía Inst. kWh	Factor de simultaneidad	Consumo Energía estimado kWh
A Planta Baja	69,4	90%	62,5
B Planta Baja	115,20	90%	103,7
C Planta Baja	37,12	90%	33,4
A Planta Alta	69,44	90%	62,5
B Planta Alta	105,60	90%	95,0
C Planta Alta	39,68	90%	35,7
Total	436,5	-	392,8

Como resultado importante del cálculo podemos estimar cuanto se está consumiendo en energía para la iluminación que es 392,8 kWh diarios.

5 PROGRAMA DE ACCIONES RESULTANTE DE LOS DATOS DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

Para iniciar con las acciones propuestas y poder cumplir el objetivo principal, reducir el consumo energético en iluminación, sabemos que no podemos centrarnos únicamente en la parte tecnología, por ello se propone un programa integral de mejora de desempeño energético, con implementación progresiva que incluya los pilares de la figura 3.

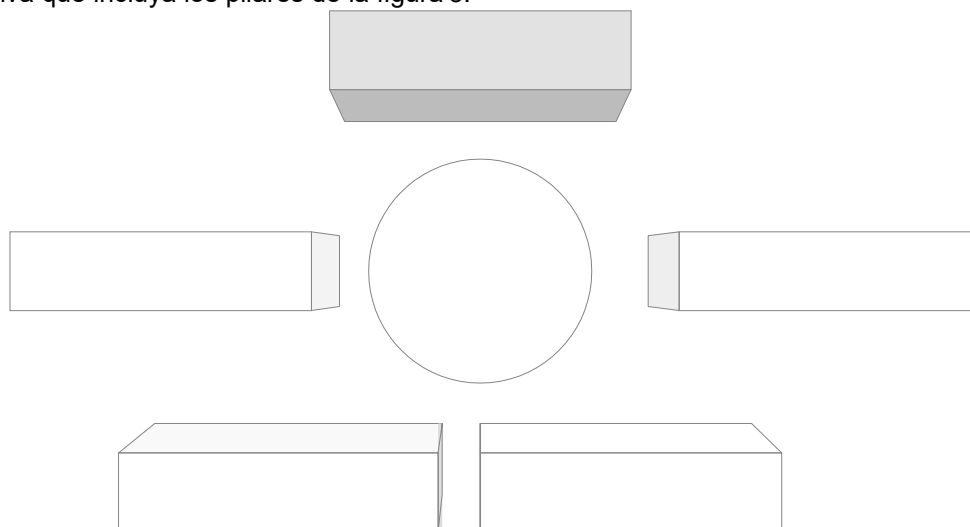


Figura 3 *Pilares del Programa de mejora de desempeño energético -Elaboración Propia*

5.1 Cambio de Hábito

Como primera instancia antes de realizar inversiones en infraestructura o tecnología es necesario contar con el completo compromiso de los usuarios y personal. Para ello se propone llevar a cabo una estrategia de cambio de hábito, de forma sistemática y de acuerdo con un modelo de planificación.

Para iniciar con los cambios de conductas se propone un plan estratégico que está basado en ambos enfoques de la teoría de comportamiento de Instrumentos y enfoque al cambio.

5.1.1 Primera Etapa Equipo de trabajo y Identificación del Problema e Objetivos

Formación de un equipo de trabajo por lo menos de 5 integrantes, que formaran la brigada de eficiencia, preferentemente los perfiles deben ser de diferentes disciplinas, con conocimientos en gestión de la energía, recursos humanos, planificación y control de proyecto. Dentro de las responsabilidades se encuentra el de la implementación y seguimiento del plan estratégico de cambio de hábito propuesto.

El Problema principal que se identifica es el alto consumo en energía eléctrica y luminarias encendidas en áreas de trabajo no ocupadas, el reto consta en reducir el consumo sin inversión en infraestructura o tecnología, el objetivo es producir un cambio de hábitos en los usuarios, que provoque una disminución al consumo energético.

5.1.2 Análisis de Factores Determinantes

Se identifica que el público objetivo son estudiantes de ingeniería, personal docente, personal no docente.

Los factores determinantes internos principales son: la sensibilización, el conocimiento, la actitud, las costumbres sociales, personales y la autoeficacia, por ello la importancia de facilitar la disponibilidad de capacitaciones y las herramientas de control necesarias, en conjunto con una regulación institucional que generen las condiciones para poder controlarse y gestionarse el consumo de energía. Pero dentro de los parámetros se debe considerar de manera prioritaria los refuerzos a las reacciones positivas, estos pueden ser con beneficios físicos, sociales o económicos y con divulgación de los logros obtenidos respecto a la energía ahorrada.

5.1.3 Elegir y generar de Instrumentos.

Para el caso se proponen 3 tipo de líneas de acción para motivar a la adecuación, participación y retroalimentación que permita generar nuevas herramientas al sistema.

Primero es necesario poder contar con información útil en los puntos de control de energía (interruptores eléctricos). Indicaciones en aulas pasillos, estacionamiento. Dentro de la información de se debe incluir: Tipo de acción necesaria antes de abandonar una habitación, Teléfono/email de la brigada de eficiencia ante cualquier dato de relevancia, como fallas en el sistema o potenciales mejoras detectadas.

Algunos ejemplos de los tipo de acción, se puede ver en la figura 4 y figura 5.



Figura 4. Modelo I de Indicaciones para las aulas

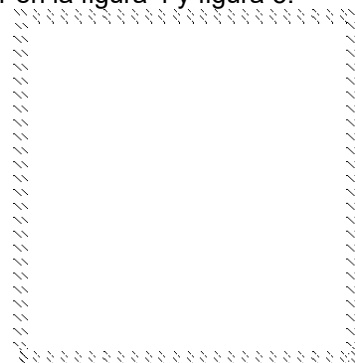


Figura 5. Modelo II de Indicaciones para las aulas

De manera complementaria a la información puntual también se propone realizar la divulgación de conocimiento para el público objetivo, la **información a medida** involucra la realización de jornadas en eficiencia energética, actividad a cargo de la brigada de eficiencia y expertos.

Estas jornadas de energía se realizan con el objetivo de concientizar a los distintos sectores de la sociedad para que, a través de medidas simples y concretas, se pueda reducir y mitigar los efectos del cambio climático. Algunas propuestas son los siguientes temas:

- Reducir la demanda y el costo energético.
- Mejorar los procesos.
- Reducir los costos de producción u operación de empresas, mejorando su competitividad.
- Reducir el consumo de combustible en el transporte en general, tanto privado como público.
- Reducir los gastos de energía en los hogares, lo que es especialmente relevante para las familias de más bajos ingresos.
- Contribuir a la reducción de las emisiones de CO2 en el planeta
- Eficiencia Energética sistemas de gestión ISO 50001.
- Eficiencia Energética de Productos y Viviendas.
- Arquitectura Sustentable

Se propone para extender la participación e interés del público, la incorporación de un **Buzón de sugerencia Virtual**, el cual consiste la generación de un cuestionario online, donde se pueden enviar propuestas, temas de interés para futuras jornadas o para mejoras del sistema.

La última línea acción es generar de mecanismos de incentivos, para el desarrollo o investigación de los temas de interés, propuesto por la brigada de eficiencia o de las entradas por el buzón de sugerencia virtual. Dentro del programa de incentivos se debe incluir los reconocimientos en los boletines o cartelera.

5.2 Cambio De Tecnología

Una vez determinada la tecnología utilizada actualmente para la iluminación de los salones y pasillos, ver apartado 4.2, se analizó el tipo de lámpara por la que se debe reemplazar. Determinando características eléctricas recomendables junto con la temperatura de color y ángulo de apertura adecuados. Se propone un modelo disponible en el mercado, indicando el método de reemplazo y para finalizar se propone una nueva medición de los niveles de iluminación.

La tecnología propuesta para reducir el consumo energético y mantener o mejorar las prestaciones de iluminación son los tubos Led. De los modelos disponible en el mercado se recomienda utilizar LED 18-20W (De 1500 a 2200 lúmenes), de tipo de luz: Luz blanca natural : de 4000 a 5000K aproximadamente.

Datos eléctricos: 100-240V AC 50/60Hz; 20W 4000K; 120º, ya que las prestaciones finales son similares o superior a la iluminación actual.

Para ajustar el flujo de iluminación se recomienda, utilizar un mecanismo ajustable de altura para las luminarias y también modificar el color del techo de verde oscuro a blanco. Como se puede ver en el modelado las figuras 6 y figura 7



Figura 6. Modelado del aula 1 con mejoras I

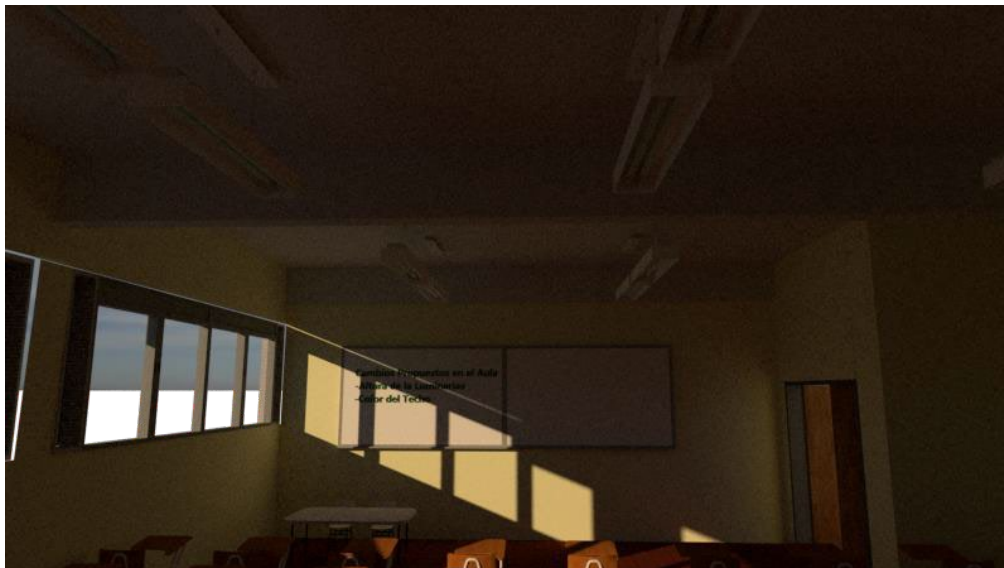


Figura 7. Modelado del aula 1, ingreso luz natura con mejoras II

La altura de las luminarias y el color del techo lo que posibilitaría es el reducir la cantidad de luminarias, para esto se recomendó realizar un estudio luminotécnico específico en cada recinto.

5.2.1 Calculo ahorro energético cambio de Tubo.

Con el modelo propuesto en el apartado 5.2, en la tabla 5 se estima cual sería la potencia instalada y consumo de energía para iluminación. Esta se continúa afectando por un factor de simultaneidad de 90%. Pero vale aclarar que este factor debería ir en disminución con las acciones planificadas en en plan estratégico de cambio de habito y las acciones propuestas en los próximos capítulos.

Tabla 5 *Calculo Energía estimada en 8 hs con tubos Led*

Sector	Área m2	Cantidad de Tubos	Potencia Estimada kW	Energía kWh	Consumo Energético estimado kW/h
A Planta Baja	674	217	3,91	31,25	28,12
B Planta Baja	870	360	6,48	51,84	46,66
C Planta Baja	729	116	2,09	16,70	15,03
A Planta Alta	674	217	3,91	31,25	28,12
B Planta Alta	870	330	5,94	47,52	42,77
C Planta Alta	729	124	2,23	17,86	16,07
Total	4546	1364	24,55	196,42	176,77

Con esta proyección podemos realizar la comparación entre ambos sistemas el actual instalado y el propuesto con tubos de led en la tabla (6).

. Tabla 6 *Comparación de potencia entre instalación actual y con tubos Led*

	Potencia Estimada kW	Energía kWh	Consumo Energético estimado kWh
Instalación Actual	54,56	436,48	392,83
Instalación Propuesta Tubos Led	24,55	196,41	176,77

El ahorro energético potencia entre las instalaciones ronda de 393 kWh a 176,77 kWh, superior al 50% .

5.3 Automatización.

Los controles automáticos de iluminación reducen el consumo y aumentan la eficiencia, controlando los paramentos de referencia. El objetivo de esta etapa es mantener los niveles de confort e iluminación cuando se necesiten con una interfaz fácil y que el control conlleve una reducción del consumo.

Se realizó un estudio de aplicabilidad de sensores on/off, en los diferentes recintos, del cual se concluye que se pueden utilizar en aulas, gabinetes, laboratorios sensores para empotrar en techos conectados a un pulsador tradicional para la activación del automatismo con un retardo de 5 minutos. En el caso de los pasillos utilizar sensores infrarrojos, para interiores con montaje en las paredes que acciones el 50 % de las luminarias para poder disminuir el consumo, pero no dejar completamente oscuro los pasillos, para este caso el retardo puede ser de 3 a 5 minutos. Para los sanitarios se debe emplear un sensor infrarrojo de pared con un retraso recomendable de 15 minuto.

5.4 Sistema de gestión y monitoreo de la energía.

Como última etapa se propone implementar un sistema de gestión de la energía, conforme a la norma ISO 50001, también la incorporación de un registrador de energía en el tablero eléctrico principal, lo que permite una mejora continua y consistente en el tiempo. El sistema es integrable al sistema de gestión de la calidad ISO 9001 que ya se encuentra en funcionamiento y los beneficios inmediatos que se pueden obtener son:

- Ahorro de los costos energéticos.
- Disminución de tiempo de fallas en la instalación.
- Conocimiento del gasto energético.
- Disminución de los gases de efecto invernadero.
- Impacto positivo en el medio ambiente.
- Mejora de imagen ante la sociedad.

6. CONCLUSIONES.

Esta investigación preliminar se centró en el uso de la energía y en la determinación de valores bases. Se consiguió el cálculo de cambio de tubos y se obtuvieron los valores de ingresos para continuar con otro objetivo de este proyecto. El siguiente objetivo tiene en consideración el diseño del sistema de cogeneración fotovoltaico.

El próximo desafío es poder determinar si el área de la terraza de la facultad es suficiente para la cantidad de paneles. Además, es importante determinar cuán grande debería ser el recinto de baterías para poder abastecer a la facultad por 1 día de autonomía.

Queda demostrado que los ahorros, en cada etapa, se incrementan y significan una mejora significativa en el uso de la energía. La principal ventaja de esta implementación por etapas es que son independientes y se pueden ejecutar en simultáneo. Cualquier medida que sea implementada, ya sea hoy o en un futuro, involucra que exista una toma de conciencia y un serio compromiso de parte de todos los que, en menor o mayor medida, forman parte y representan a la Facultad de Ingeniería de Lomas de Zamora.

7. REFERENCIAS.

- [1] Alexander Freier (2016) La situación de la cooperación energética entre Argentina y Brasil en el área de la energía renovable: ¿Integración, difusión o fragmentación? Relaciones internacionales versión On-line ISSN 2314-2766 www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-27662016000200006&lang=es
- [2] Superintendencia de riesgo de trabajo. (2016). "La iluminación en el ambiente laboral". https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/08/Guia_practica_1_Iluminacion_2016.pdf
- [3] Norma IRAM-AADL J 20-06: 1972 Luminotecnia Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación. Instituto Argentino de Normalización Y Certificación
- [4] Silverio Hernández Moreno (2015) Análisis comparativo por ciclo de vida de tres tipos de luminarias empleadas en los interiores de edificios Revista Electrónica Nova Scientia, Toluca, México
- [5] O. González, A. Pavas, S. Sánchez, "Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda", UIS Ingenierías, vol. 16, no. 2, pp. 217 -226, Julio -Diciembre 2017. Doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017020>
- [6] Moisés Roberto Guerra Menjívar (2012) "Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones" ISSN 2221-1136, Editorial Universidad Don Bosco, año 3, No.5, Diciembre de 2012 – Mayo de 2013, pp. 123-133
- [7] Carlos F. González H., Miguel A. Franco N., Manuel J. Sol H., Oscar J. Guevara P (2016) Análisis comparativo en la medición de iluminación en espacios de estudio y su eficiencia energética Simposio de Metrología 2016
- [8] López López, J. 1 , Álvarez Ley, J. 1 , Bassam, A.2, (2017), Eficiencia Energética en Luminarias: Estudio de Caso, Ingeniería, vol. 21, núm. 3, 2017, pp. 1-12, Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46754522001>
- [9] Enrique A. Sierra, Alejandro A. Hossian, Ramón García Martínez y Pablo D. Marino (2005) Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente, XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, 21 al 23 de septiembre de 2005 Neuquen – Argentina
- [10] ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Instituto Argentino de Normalización Y Certificación
- [11] Dra. Carolina Stanley y Dra. Gabriela Agosto (2018) Objetivos De Desarrollo Sostenible Informe País Argentina 2018 Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe-ods-todo.pdf>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la facultad por el acceso a los recintos, al equipo de trabajo del laboratorio de gestión ambiental por la colaboración en todas las instancias del trabajo.

Análisis estadístico de vientos de una zona de Bahía Blanca como recurso energético

Hernández, Alicia^{1,2}; García, Liliana²; Guillon, M de la Paz²; Basterra del Vall Iturria, Carolina^{1,2}; Pistonesi, Carlos¹; Di Pratula, Horacio¹

¹Fac. Regional Bahía Blanca - Universidad Tecnológica Nacional – 11 de abril 461, Bahía Blanca
aliciahe@criba.edu.ar

²Departamento de Matemática - Universidad Nacional del Sur – Avda. Alem 1253, Bahía Blanca
lgarcia@uns.edu.ar

RESUMEN

El uso de fuentes de generación eléctrica basadas en energías renovables es de interés creciente a nivel mundial, no sólo por la situación de las reservas de combustibles fósiles, sino también por el bajo impacto ambiental que producen. La energía eólica es la energía renovable de mayor crecimiento en los últimos años, con una capacidad mundial instalada de 591GW a fines de 2018, donde Argentina aportó sólo 0,98GW. Bahía Blanca y su región presentan un interesante potencial eólico, debido a sus condiciones geoclimáticas. Los parques eólicos en funcionamiento, que suman una potencia instalada de casi 600MW, y los que están en ejecución, muestran que la ciudad y la región son un polo de desarrollo en este tipo de generación de energía.

Dado que la velocidad del viento varía de un lugar a otro (y por lo tanto, también la densidad de la potencia), previo al emplazamiento de un parque eólico, se debe contar con la estimación de la densidad de la potencia, para lo cual es preciso conocer la distribución de probabilidad y los parámetros que caracterizan la velocidad del viento en esa región. La distribución de Weibull es ampliamente utilizada para modelar probabilísticamente la velocidad del viento. El objetivo principal del presente trabajo es estimar los parámetros de forma y escala de dicha distribución a 80m de altura en una zona aledaña a Bahía Blanca, a partir de mediciones de velocidad registradas a 60m de altura. Para su realización se contó con la totalidad de las mediciones de velocidad promedio de viento cada 10 minutos del año 2016, obtenidas mediante una estación meteorológica de NRG Systems equipada con un data logger Symphonie Modelo 3090, propiedad del Grupo de Estudio Sobre Energía de UTN-FRBB. El análisis estadístico de los datos fue realizado mediante los software Statgraphics Centurion y SPSS.

Palabras Claves: energía eólica – velocidad de viento – distribución Weibull – estimación de parámetros

ABSTRACT

The interest in the use of electricity generation sources based on renewable energies is increasing worldwide, not only due to the situation of fossil fuel reserves, but also because of the low environmental impact they produce. Wind power is the fastest growing renewable energy source in recent years, with a global installed capacity of 591GW in the end of 2018, where Argentina contributed only 0.98GW. Bahía Blanca and its region have an interesting wind potential caused by their geoclimatic conditions. The wind farms in operation, which add an installed capacity of almost 600 MW, and the ones that are running, show that the city and the region are a development pole in this type of electricity generation.

Since the wind speed varies from one place to another (and therefore, also the density of the wind power), prior to the location of a wind farm, the estimation of the density of the power must be counted, that is why it is necessary to know the probability distribution and the parameters that characterize the wind speed in the region. To model the wind speed probabilistically it is widely used the Weibull distribution. The main objective of this work is estimate shape and scale parameters of this distribution at 80m height in an adjacent area to Bahía Blanca, based on speed measurements recorded at 60m height. For its realization, all the average wind speed measurements were counted every 10 minutes during the entire 2016, which were obtained by a NRG Systems weather station equipped with a Symphonie Model 3090 data logger, owned by the UTN – FRBB Energy Study Group. The statistical analysis of the data was performed by the Statgraphics Centurion and SPSS software.

1. INTRODUCCIÓN

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) predice un escenario para el 2030 con una población mundial de alrededor de ocho mil millones, que implicaría un aumento de alrededor del 60% en el consumo energético, con el consecuente incremento del empleo de combustibles fósiles [1]. Paralelamente, se estima que las emisiones de CO₂ aumentarán un 62%, confrontando drásticamente con las recomendaciones formuladas en la última cumbre sobre cambio climático de la Organización de Naciones Unidas [2]. Las emisiones de CO₂ en Argentina parecen no preocupar, ya que sus casi 300.000 kTn/año registradas en 2017 representan, en la emisión mundial, un escaso valor (puesto 28 del ranking global). Sin embargo, en el periodo 2005 – 2017 se registró un aumento en las emisiones de CO₂ del 69%, y del 172% si se considera a partir de 1990 [3], lo cual sí es preocupante, más aun teniendo en cuenta que no se corresponde con un incremento análogo en la actividad industrial.

El uso de fuentes de generación eléctrica basadas en energías renovables representa un cambio fundamental en el paradigma energético. Se observa un interés creciente a nivel mundial en la utilización de energías renovables, no sólo por la situación de las reservas de combustibles fósiles, sino también por el bajo impacto ambiental que producen, sobre todo, en cuanto a emisiones de CO₂ se refiere. En nuestro país, de extenso territorio y condiciones geoclimáticas diversas, es factible el desarrollo de una gran variedad de formas de generación de energía no convencional. En los últimos años, la generación de energía solar y eólica ha ido creciendo sostenidamente, totalizando en la actualidad casi un 4% de la potencia instalada del país [4]. Mientras que el Noroeste es la principal región elegida para desarrollar grandes proyectos de energía solar, las zonas serranas y costeras del sur de la provincia de Buenos Aires y toda la Patagonia, son las que atraen más iniciativas de proyectos de energía eólica [5,6].

En la zona sur de la provincia de Buenos Aires se encuentra la ciudad de Bahía Blanca, cuyos vientos promedio medidos a 80 metros de altura superan largamente los 6 m/seg, razón por la cual su zona de influencia se ha constituido en un polo de desarrollo muy importante en lo que a energía eólica se refiere. En los últimos tiempos se han concretado una gran cantidad de emprendimientos en esta región. Por ejemplo, el parque eólico (PE) García del Río con una capacidad de producción de 10 MW, el PE Corti de 100 MW y el PE Genoveva de 86,60 MW, en el partido de Bahía Blanca; el PE Vientos del Secano de 50 MW en Mayor Buratovich, el PE Villalonga de 50 MW en la localidad homónima, el PE La Castellana de 99 MW en el partido de Villarino y los PE San Jorge y El Mataco I de 200 MW en conjunto, cercanos a la ciudad de Tornquist. Los citados emprendimientos suman una potencia instalada de casi 600 MW y pueden aportar al Sistema Eléctrico Nacional una energía cercana a los 250 GWh mensualmente [4].

La energía eólica es una forma de generación cuya estimación de la producción futura es difícil de cuantificar, ya que obedece al comportamiento (no determinístico) del viento en el sitio de emplazamiento del aerogenerador y a la eficiencia de la turbina eólica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, es necesario caracterizar la variación de la velocidad del viento para poder calcular con antelación cual será el aporte energético de cada uno de los aerogeneradores que serán instalados en un determinado lugar.

La velocidad del viento varía de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones climáticas, del paisaje y del terreno. Se consideran vientos aprovechables para la generación de energía eólica aquellos cuyas velocidades superan los 4m/seg [7]. Para modelar la velocidad del viento se utiliza generalmente la distribución de probabilidad de Weibull de dos parámetros (forma y escala), pues se ha comprobado que ajusta en forma adecuada datos de velocidad de viento tanto en las capas de aire superiores como en la superficie [8]. El parámetro de escala de la distribución de Weibull guarda relación con la velocidad media del viento e indica cómo es de ventoso, en promedio, el lugar; el parámetro de forma señala cómo es de puntiaguda la distribución (si las velocidades del viento siempre tienden a estar próximas a un cierto valor, se observará un pico en la distribución sobre ese valor). Se ha observado además, en un alto porcentaje de casos, que la predicción de energía producida por aerogeneradores basada en la distribución de probabilidad de Weibull para la velocidad del viento, tiene una gran semejanza con los valores reales [9].

2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Villarino Viejo, a 30 km de Bahía Blanca, en proximidades del mar, es una zona de potencial interés para la futura localización de un parque eólico, dadas sus características climáticas y de terreno. El Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE), perteneciente a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB), registra allí desde 2012, a través de una estación meteorológica de NRG Systems equipada con un data logger Symphonie Modelo 3090, la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, a 20 y 60 metros de altura. Sin embargo, para la instalación de aerogeneradores actuales, de gran porte, se requiere conocer la velocidad del viento a alturas de 80 metros o más. Esto motivó el planteo de los siguientes objetivos para el presente trabajo, referidos todos ellos a la citada zona:

- Caracterizar, a partir de los registros existentes, la velocidad del viento a 60m de altura.
- Estimar los parámetros de la distribución de Weibull para la velocidad del viento a 80m de altura.
- Evaluar probabilísticamente la existencia de vientos a 80m de altura aprovechables para la generación de energía.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros de velocidad del viento generalmente se presentan como una serie de tiempo, en la cual cada registro corresponde al valor instantáneo o al promedio de velocidad del viento en un período de tiempo. En un programa de monitoreo de energía eólica se trabaja usualmente con intervalos de 10 minutos para el cálculo de la velocidad promedio, por lo cual la estación meteorológica que se utilice, brinda en tiempo real un dato de velocidad promedio del viento cada 10 minutos [7], como es el caso de la estación instalada en la zona de Villarino Viejo en estudio. El presente trabajo se realizó con la totalidad de los datos de velocidad promedio del viento a 60m del año 2016. Se eligió este año por ser, entre los asentados, el de menor cantidad de datos faltantes. Se considera, además, que es un año climáticamente típico para la región, como puede apreciarse en la Figura 1, en la que se comparan las mediciones realizadas durante el año 2016 con las del 2017.

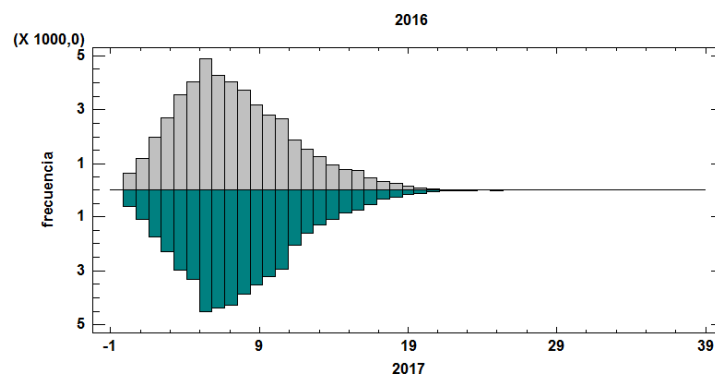


Figura 1 Velocidad promedio del viento año 2016 vs 2017

Si bien se disponía de los registros de las velocidades promedio del viento a 20 y 60 m de altura, para la estimación de los parámetros de la distribución de Weibull de la velocidad a 80 m, se desestimaron las lecturas a 20 m, porque la velocidad del viento a esta altura se ve más afectada por las condiciones del terreno u obstáculos cercanos, que la velocidad a 60 m [7]. La extrapolación de velocidades del viento a 80 m de altura se realizó, siguiendo las recomendaciones de la International Electrotechnical Commission (IEC), mediante la Ley Exponencial de Hellmann, fijando un coeficiente de fricción de 0.2 acorde con las características del terreno [10,11].

Para la verificación de la bondad de ajuste de la velocidad del viento a una distribución Weibull, se trabajó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y también con la de Anderson-Darling, ya que esta es más sensible a la falta de ajuste a una distribución Weibull de 2 parámetros [12].

El análisis estadístico de los datos se efectuó mediante los software Statgraphics Centurion y SPSS, con licencia del Centro de Estudios de Calidad Total de la Universidad Nacional del Sur.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta el resumen estadístico de los datos de velocidad promedio del viento a 60 m de altura (en m/seg) del año 2016.

Tabla 1 Resumen estadístico de la velocidad promedio del viento

N	48384
Media aritmética	7,42
Mediana	6,9
Desviación estándar	3,96
Coefficiente de variación (%)	53,31
Cuartil inferior	4,55
Rango intercuartílico	5,25
Percentil del 20%	4
Sesgo estandarizado	-75,28
Curtosis estandarizada	13,75

Se observa que la distribución de los datos es asimétrica positiva y presenta una alta variabilidad relativa, acorde con las características de la variable en estudio (Tabla 1 y Figura 2). El 80% de las velocidades promedio registradas corresponde a vientos aprovechables energéticamente.

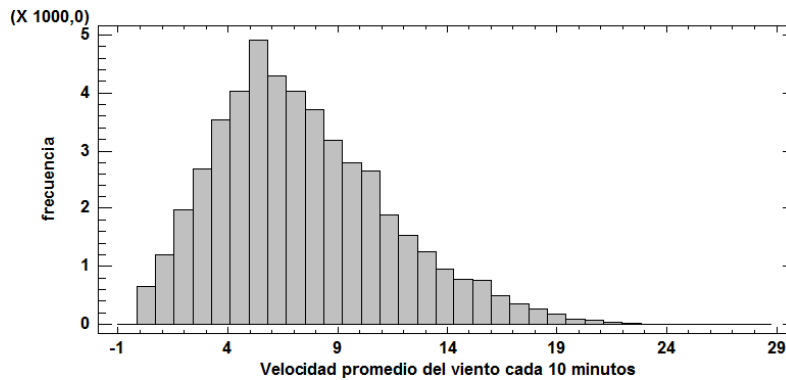


Figura 2 Histograma de la velocidad promedio del viento

Para la prueba de bondad de ajuste de los datos a una distribución Weibull, fue necesario realizar un muestreo, ya que las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling no brindan resultados confiables cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos [13]. En nuestro caso, el total de las mediciones del año 2016 es de 48384 (Tabla 1), por lo cual se realizó la prueba de bondad de ajuste a una muestra de 2406 datos, seleccionados aleatoriamente mediante el software SPSS, que se corresponde con el 5% de las mediciones de velocidades promedio de vientos disponibles.

Tanto la prueba de Kolmogorov-Smirnov (valor $P=0,473$) como la de Anderson-Darling (valor $P \geq 0,10$) confirman que la distribución de Weibull con dos parámetros modela adecuadamente la distribución de la velocidad del viento en la zona analizada (Figura 3). La estimación de los parámetros de forma (α) y escala (β) se realizó con la totalidad de los datos, siendo de 1,959 y 8,374 m/seg respectivamente.

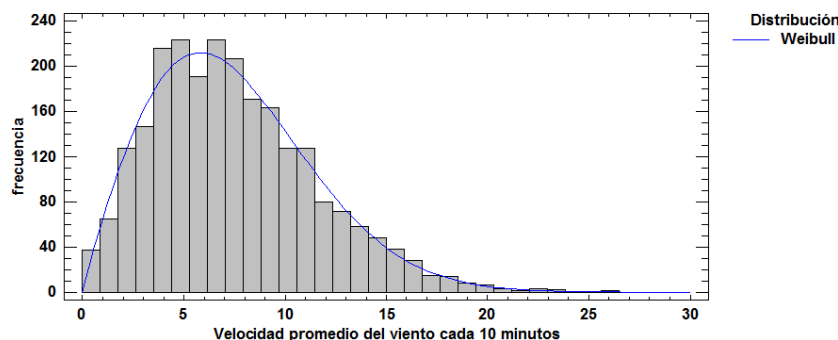


Figura 3 Histograma de la velocidad promedio del viento con muestreo

El mes de registro es naturalmente uno de los factores que inciden en la variabilidad de la distribución de la velocidad de los vientos. En la Tabla 2 se exhibe el resumen estadístico de la velocidad promedio del viento (en m/seg) en cada uno de los meses del año 2016:

Tabla 2 Resumen estadístico de la velocidad promedio del viento por mes

Mes	N	Media Aritmética	Desvío Estándar	Mediana	Coficiente de Variación (%)	Rango Intercuartílico
Enero	3906	8,052	3,837	7,7	47,646	5,4
Febrero	3690	7,803	3,331	7,5	42,688	4,6
Marzo	3924	7,827	3,653	7,7	46,675	5,1
Abril	3798	6,467	3,203	6,2	49,528	4,6
Mayo	3906	5,546	3,580	4,8	64,560	4,1
Junio	4320	5,785	3,291	5,1	56,890	4,8
Julio	4464	5,877	2,950	5,7	50,210	3,7
Agosto	4464	7,848	4,003	7,0	51,010	4,9
Setiembre	4194	7,281	4,119	6,5	56,583	5,1
Octubre	3978	7,718	3,905	7,2	50,603	5,2
Noviembre	3816	9,231	4,049	8,8	43,854	5,9
Diciembre	3924	10,004	4,635	9,4	46,330	6,8

Los meses con menor velocidad promedio de viento son mayo, junio y julio, mientras que diciembre es el de mayor velocidad promedio.

En la Tabla 3 se muestran, para cada uno de los meses, el valor P de Kolmogorov-Smirnov correspondiente a la prueba de bondad de ajuste para la distribución de Weibull y sus respectivos valores de parámetro de forma y escala. Tanto la prueba Kolmogorov-Smirnov como la prueba de Anderson-Darling, que arrojó valor $P \geq 0,10$ en todos los meses, confirman el buen ajuste a la distribución de Weibull. Para la realización de las pruebas, en cada mes se seleccionó aleatoriamente una muestra del 10% de la totalidad de los datos de ese mes.

Tabla 3 *Estimación de parámetros Weibull y prueba de bondad de ajuste mensual*

Parámetros Weibull			
Mes	α	β (m/seg)	Valor P
Enero	2,20763	9,08234	0,549
Febrero	2,498	8,79414	0,535
Marzo	2,25429	8,81978	0,868
Abril	2,11596	7,29263	0,561
Mayo	1,6185	6,20654	0,432
Junio	1,82714	6,51506	0,280
Julio	2,07201	6,62393	0,289
Agosto	2,06688	8,87116	0,245
Septiembre	1,86038	8,21834	0,187
Octubre	2,07345	8,71423	0,875
Noviembre	2,43791	10,41754	0,952
Diciembre	2,30202	11,30413	0,214

Una vez caracterizada la velocidad del viento a 60 m de altura, demostrado que su distribución (anual y para cada mes) se ajusta adecuadamente a una función Weibull de dos parámetros y estimados dichos valores, se obtuvieron las velocidades de viento a 80 m de altura, a partir de las velocidades a 60 m, mediante la aplicación de la Ley Exponencial de Hellmann.

La media de las velocidades estimadas a 80 m resultó 7,86 m/seg, con un desvío estándar de 4,19 m/seg. Se realizaron, a partir de un muestreo aleatorio al 5%, las pruebas de bondad de ajuste a una distribución Weibull de dos parámetros, las cuales resultaron confirmatorias: valor P de Kolmogorov-Smirnov: 0,442; valor P de Anderson-Darling: mayor que 0,10. Se estimaron luego los valores de los parámetros: $\alpha = 1,95875$ y $\beta = 8,8699$ m/seg.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la distribución de la velocidad del viento a 80 m, la probabilidad de que se registren vientos con velocidad superior a 4 m/seg supera el 80%.

Análogamente a lo realizado con los datos de velocidad de viento a 60 m de altura, se confirmó el ajuste a la distribución de Weibull para los datos mensuales a 80 m. En la tabla 4 se presenta el resumen estadístico (en m/seg), que incluye los valores estimados de los parámetros de la distribución y el valor P de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (la prueba de Anderson-Darling arrojó valor $P \geq 0,10$ en todos los meses). Para la realización de las pruebas en cada mes se seleccionó aleatoriamente una muestra del 10% de la totalidad de los datos de ese mes.

Tabla 4 *Estimación de parámetros Weibull y prueba de bondad de ajuste mensual a 80 m de altura*

Mes	Media Aritmética	Desvío Estándar	Parámetros Weibull		Valor- P	P(X≥4) (%)
			α	β		
Enero	8,52978	4,0641	2,20765	9,62017	0,248	86,58
Febrero	8,26482	3,52866	2,49807	9,31482	0,489	88,60
Marzo	8,29104	3,86952	2,25413	9,34192	0,567	86,26
Abril	6,84894	3,39204	2,11586	7,72445	0,363	78,00
Mayo	5,87466	3,79224	1,6182	6,57380	0,230	63,92
Junio	6,1272	3,48588	1,82695	6,90077	0,364	69,13
Julio	6,22656	3,1257	2,07181	7,01607	0,664	73,19
Agosto	8,31312	4,24074	2,06683	9,39659	0,167	84,27
Setiembre	7,71144	4,36356	1,86025	8,70486	0,216	79,03
Octubre	8,1765	4,13724	2,07336	9,23019	0,790	83,81
Noviembre	9,77868	4,28766	2,43784	11,03441	0,929	91,92
Diciembre	10,59702	4,91004	2,30199	11,97357	0,140	92,30

La probabilidad (en %) de obtener vientos con velocidades que superen los 4m/seg se puede observar en la última columna de la Tabla 4. Mayo, junio y julio serían los meses con menor porcentaje de vientos aprovechables como recurso energético y, aun así, este porcentaje supera el 60%.

5. CONCLUSIONES

Se pudo observar que en la zona de Villarino Viejo en estudio, los vientos a 60 m de altura registran una velocidad promedio de 7,42 m/seg, con una alta variabilidad relativa y marcada asimetría positiva, acorde con las características de la variable en estudio. Los meses con menor velocidad promedio de viento son mayo, junio y julio, mientras que diciembre es el de mayor velocidad promedio. El 80% de las velocidades promedio registradas corresponde a vientos aprovechables energéticamente.

Mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling se comprobó que la velocidad del viento a 60m de altura, tanto para el año en evaluación como para cada uno de los meses, se ajusta adecuadamente a una distribución Weibull, con parámetros (anuales) de forma $\alpha = 1,959$ y escala $\beta = 8,3738$ m/seg.

Por medio de la Ley Exponencial de Hellmann, con un coeficiente de fricción de 0.2 (acorde con las características del terreno), se calcularon las velocidades de viento a 80 m de altura, a partir de las velocidades a 60 m. La velocidad promedio resultó de 7,87 m/seg, con un desvío estándar de 4,19 m/seg. Se comprobó estadísticamente que, al igual que lo demostrado para la velocidad del viento a 60m, la distribución Weibull modela de manera apropiada (anual y mensualmente) el comportamiento de los vientos a 80 m de altura. Los parámetros anuales de forma y escala son en este caso $\alpha = 1,9588$ y $\beta = 8,8699$ m/seg. De acuerdo con los resultados obtenidos, la probabilidad de que a 80 m de altura se registren vientos aprovechables para el mercado energético es de 0,81. El trabajo realizado constituye un estudio preliminar que se debe llevar a cabo antes de decidir el emplazamiento de un parque eólico, ya que es necesario caracterizar la variación de la velocidad del viento para poder calcular con antelación cual será el aporte energético de cada uno de los aerogeneradores que serán instalados en un determinado lugar. Este estudio preliminar está enmarcado dentro de una investigación que realiza el Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE), perteneciente a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB, orientada a estimar el potencial de energía eólica (en W/m^2) para la generación de energía eléctrica de la zona de Villarino Viejo.

6. REFERENCIAS

- [1] The International Energy Agency. <https://www.iea.org> [Consulta en línea: 18/06/19].
- [2] "Informe de la 24^a Conferencia de las Partes". (2018). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Katowice, Polonia.
- [3] Muntean, M.; Guizzardi, D.; Schaaf, E.; Crippa, M.; Solazzo, E.; Olivier, J.G.J.; Vignati, E. (2018). "Fossil CO2 emissions of all world countries. 2018 Report". *Joint Research Centre (JRC)*. Bruselas, Bélgica.
- [4] "Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina (mayo de 2019)". (2019). *Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)*. Buenos Aires, Argentina.
- [5] Brizuela, A. (1982). "Evaluación preliminar del recurso eólico en Argentina". *Red Solarimétrica*. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Brizuela, A.; Aiello, J. L. (1988). "El recurso eólico en la Provincia de Buenos Aires. Primera parte: estadísticas del viento". *Red Solarimétrica*. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Hernández Rosales, A.; Ortega Vega, O. (2014). "Análisis estadístico del viento como recurso energético". *XXIII Congreso Mexicano de Meteorología y VIII Congreso Internacional de Meteorología*. Tuxtla Gutiérrez, México.
- [8] Bowden, G.J.; Barker, P.R., Shestopal, V.O., Twidell, J.W. (1983). "Weibull distribution function and wind power statistics". *Wind Engineering. Volume 7, Issue 2, 85-98*. Sage publications. ISSN: 0309-524X.
- [9] Parajuli, A. (2016). "A Statistical Analysis of Wind Speed and Power Density Based on Weibull and Rayleigh Models of Jumla, Nepal". *Energy and Power Engineering. Vol.8, No.7, 271-282*. ISSN: 1949-243X.
- [10] The International Electrotechnical Commission. <https://www.iec.ch> [Consulta en línea: 05/06/19].
- [11] Kawas, N.; Mejía Escobar, E.; Gómez Canales, G. (2013). "Determinación del potencial de generación de energía renovable en la UNAH". *Revista Ciencia y Tecnología Nro. 13, 96-109*. Honduras. ISSN: 1995-9613.
- [12] Evans, J.; Johnson, R.; Green, D.(1989). "Two and three parameter Weibull goodness-of-fit tests". *Research Paper 493. Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture*. Madison, Estados Unidos de América.
- [13] Semenova, M; Khalin, D. (2018). "Research of Statistic Distributions of Nonparametric Goodness-of-Fit Tests by Large Samples". *XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE)*. Novosibirsk, Rusia.

Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo

de los Ríos, A.; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A; Patitucci, M.; Rodríguez, M.*

*Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires.
Argentina. adelosrios@unlam.edu.ar*

RESUMEN

La promoción y el desarrollo de un modelo agrícola sostenible y resiliente está relacionado con la aplicación de técnicas e insumos que aseguren la preservación del medio garantizando la sostenibilidad del sistema productivo. La creciente industrialización de zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de los cursos de agua y como consecuencia de sus suelos, puesto de manifiesto en un menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, presencia de elementos contaminantes y por ende una disminución en su capacidad productiva. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las zonas más bajas topográficamente. La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación o al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

A su vez, el desarrollo de la conciencia ambiental de las personas, así como los cuidados de la salud, hacen que cada vez sea mayor la demanda de soluciones frente a la problemática de la contaminación.

La contaminación antrópica de los suelos justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. Para que la fitoextracción sea posible, los contaminantes deben estar presentes en los horizontes del suelo cercanos a la zona radical de las plantas, en formas biodisponibles para las mismas. Las plantas acumuladoras presentan predisposición genética a compartimentalizar los metales extraídos y así evitar su toxicidad. Pueden adicionarse agentes quelantes orgánicos naturales o sintéticos para incrementar la biodisponibilidad de metales en el suelo. En este trabajo se estudiará el efecto sobre los suelos y vegetales de la adición de sustancias orgánicas y su efecto en la calidad del suelo, a través de análisis físico-químicos y ecotoxicológicos.

Palabras clave: remediación- huertas urbanas- agentes quelantes

Los cursos de agua urbanos y los grandes ríos y estuarios del mundo se encuentran altamente impactados por las actividades humanas. Esto se debe a su colonización temprana como vías navegables, como zonas de embarco o desembarco, a actividades industriales y a los asentamientos humanos que surgen asociados a estas actividades. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las partes más bajas topográficamente. Todo tipo de urbanización, sea ésta grande o pequeña, produce desechos tanto por vía atmosférica, terrestre o hídrica, y en cualquiera de los casos, el destino final es el cuerpo de agua donde drena la cuenca entera [1].

La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación, o simplemente al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización y adsorción. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos, así como la concentración y tipo de metales que se encuentran presentes. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica, los óxidos de hierro y el contenido de arcillas minerales, que juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo [2].

Por lo tanto, para cada situación el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la aplicación de compost.

Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos (grupos funcionales con comportamiento ácido, tales como carboxílicos, fenólicos, alcohólicos, enólicos-OH y grupos aminos), pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo. El contenido de materia orgánica interviene de manera diferente en la retención o solubilidad de los metales en función de si el suelo es ácido o básico.

En el caso de la República Argentina, los "valores guía" o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos se encuentran tabulados en el Decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (Tabla 1), la cual fue sancionada en el año 1991 [3].

Tabla 1. Máximos permisibles de metales pesados (mg.kg^{-1}) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario de la Ley 24.051).

	Pb	Cu	Cr	Zn	Cd
Agrícola	375	150	750	600	3
Residencial	500	100	250	500	5
Industrial	1000	500	800	1500	20

La cuenca Matanza-Riachuelo es la región ambiental y socialmente más degradada de Argentina, y una de las diez más contaminadas del planeta.

La presencia de plantas en el suelo afecta la concentración de los metales al absorberlos y acumularlos en su biomasa, y a partir de la generación de cambios en su movilidad a lo largo del perfil del mismo.

La fitorremediación puede inducir cambios físico-químicos en el suelo por el efecto que produce la vegetación, afectando el destino de los elementos traza de diversas maneras [4], entre las que pueden mencionarse: - Cambios en los movimientos de agua, - Agregado de materia orgánica al suelo, - Cambios en el pH del suelo, - Cambios en la especiación de los metales, - Promoción del crecimiento de los organismos del suelo, - Bioacumulación, - Cambios en las características físicas del suelo,

1.1. Problemática a investigar

Las regiones urbanas y periurbanas de la provincia de Buenos Aires han sufrido amplias modificaciones en el paisaje y en la provisión de los servicios ecosistémicos en los últimos años. Si la concentración de metales en los suelos supera los niveles máximos admisibles establecidos en la ley 24.051 para casi todos los usos, esto constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general. El vertido de aguas residuales con o sin tratamiento, provenientes de la industria, efluentes cloacales, desechos domésticos y los contaminantes asociados al escurrimiento superficial de aguas pluviales, han llevado a esta situación [1]. La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. En este contexto es necesario el empleo de prácticas de manejo que promuevan la recuperación y mantenimiento de los suelos, y por lo tanto la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost. El compost está reconocido mundialmente como un material agrónomicamente completo y fuente de recursos minerales, pudiendo ser aplicado como fertilizante (suministrador de nutrientes) y como enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo), permitiendo recuperar distintas especies químicas contenidas en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que algunos de éstos ejercen sobre el medio ambiente.

La fitoextracción es otro de los procedimientos que pueden utilizarse para el saneamiento ambiental. Es una tecnología emergente que consiste en el empleo de especies vegetales acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se emplea con el objetivo de mejorar ambientes degradados y, en comparación con otras técnicas como la remoción de suelo o la lixiviación química de contaminantes, tiene menores costos de implementación y menor impacto ambiental.

La fitoextracción recae principalmente en especies que puedan trastocar grandes cantidades de uno o más metales hacia la parte aérea de la planta. Numerosos estudios indican la efectividad de plantas del género *Brassica* en la acumulación y translocación de metales pesados del suelo. Teóricamente, sitios contaminados con metales pueden ser remediados tras repetidos cultivos, con la condición de que la biomasa de plantas cosechada supere en contenido de metales a posibles nuevas entradas al sistema, hasta lograr que la concentración en el suelo alcance niveles aceptables, como aquellos establecidos en la legislación mencionada. Es bien conocido que el pH es uno de los parámetros que más influyen sobre la movilidad y/o disponibilidad de los metales [5]. Por ello utilizar agentes químicos que actúen sobre este parámetro puede llegar a ser una alternativa para aumentar la disponibilidad de metales para las plantas utilizadas para remediar la contaminación de los suelos [6].

A pesar de los antecedentes hallados que permiten considerar a una planta como fitoextractora, o no, de algún metal, es esencial poner a prueba su potencial de fitoextracción en el suelo específico a ser remediado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

Las muestras de suelo tomadas de zonas de huertas del partido de La Matanza fueron secadas al aire y luego molidas y tamizadas, para obtener un sustrato homogéneo a partir de un muestreo compuesto.

A partir de las técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de suelos y materiales orgánicos de uso en horticultura. Se ajustaron los procedimientos. Se comenzó con la caracterización dichos suelos con y sin la aplicación de tratamientos de aplicación de compost, a través de sus parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica) y químicos (Nitrógeno, Carbono fácilmente oxidable, relación C/N, Fósforo, cationes, contenido de materia orgánica).

Se llevarán a cabo bioensayos de ecotoxicología (pruebas de fitotoxicidad).

Se realizarán ensayos de fitorremediación para evaluar la capacidad extractiva de las sustancias orgánicas y sintéticas seleccionadas, añadiéndolas a las muestras de suelos contaminados.

Los análisis de laboratorio se llevarán a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza.

Se caracterizaron en el laboratorio los compost que serán utilizados en las mezclas empleadas en los experimentos biológicos, a través de sus propiedades físico-químicas y químicas más relevantes. Se trata de compost provenientes de huertas orgánicas y de productores hortícolas, todos producidos a partir de restos vegetales. Los mismos fueron identificados como compost 1, 2, 3, 4, 5 y 6. En todos los casos se realizaron 3 repeticiones de cada muestra para cada parámetro determinado.

En las tablas se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los compost.

Tabla 2: Valores de pH determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
pH en agua 1:2,5	7,6	7,4	7,2	7,6	6,8	7,6
pH en pasta	7,1	7,1	7,2	7,3	6,7	7,4

Tabla 3: Valores de Carbono fácilmente oxidable, Carbono total y contenido de materia orgánica determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
%C fox	1,30	2,74	2,18	2,47	12,01	14,14
%C total	1,69	3,56	2,83	3,12	15,61	18,38
% MO	2,86	6,04	4,80	5,47	26,42	31,10

Tabla 4: Contenido de Fósforo disponible en las muestras de compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
P disp. (mg.Kg ⁻¹)	182,36	184,36	195,42	185,36	181,37	171,49

En esta etapa se están caracterizando los materiales que se emplearán en los experimentos. Los mismos se completarán para los suelos y sustratos utilizados.

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. Como resultado de este trabajo se espera poder realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan con suelos impactados ambientalmente,

5. REFERENCIAS

- [1] Malpartida, A.R. 2003. La cuenca del río Matanza-Riachuelo: revisión de antecedentes: recursos naturales, compuestos xenobióticos y otros contaminantes. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.php3
- [2] Tipping, E.; Rieuwerts, J.; Pan, G.; Ashmore, M.R.; Lofts, S.; Hill, M.T.R. 2003. The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales. *Environ Pollut* 125:213–225.
- [3] ACUMAR. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/>
- [4] Robinson, B.H.; Fernández, J.E.; Madejón, P.; Marañón, T.; Murillo, J.M.; Green, S.R.; Clothier, B.E. 2003a. Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability. *Plant Soil* 249, 1: 117–125.
- [5] Alkorta, I.; Epelde, L.; Mijangos, I.; Amezcua, I.; Garbisu, C. 2006. Bioluminescent bacterial biosensors for the assessment of metal toxicity and bioavailability in soils. *Rev Environ Health* 21:139–152.
- [6] Page A.L., R.H. Miller, D. Keeny. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Soil Sci. Of America Madison WI USA. 1159 pp.

Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido

*Fit, Cintia Gabriela**; *Kolodziej, Sebastián Federico**; *Cruz, Eugenio Rubén**

* *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM) Oberá, Misiones, Argentina.
CP: 3365. cintiagabrielafit@gmail.com*

RESUMEN.

En el presente trabajo se propone una metodología para la selección de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá en los que posteriormente se llevarán a cabo un análisis detallado para determinar los niveles de ruido a los que están expuestos los usuarios de dichas instalaciones. Para llevar a cabo la selección se aplicaron dos métodos que permiten realizar un análisis con criterios múltiples, tales como los que se necesitan para este análisis; el método de los Factores Ponderados, y el método AHP (Analytic Hierarchie Procesess) o Proceso de Análisis Jerárquico. A partir de la aplicación de los métodos se seleccionaron los establecimientos a ser analizados. Ambos métodos coinciden en los primeros dos establecimientos en nivel de prioridad, pero se presentan variaciones a partir del tercero. En función de ello se considera a los dos primeros como los que pueden verse más perjudicados por el ruido en la ciudad de Oberá. A partir de esta selección se propone realizar mediciones *in situ* en los establecimientos seleccionados a fin de verificar la incidencia del ruido.

Palabras Claves: Establecimientos educativos, Ruido ambiental, Análisis multicriterio

ABSTRACT

This paper proposes a methodology for the selection of educational establishments in the city of Oberá in which a detailed analysis will then be carried out to determine the noise levels to which users of these facilities are exposed. In order to carry out the selection, two methods were applied that allow an analysis with multiple criteria, such as those needed for this analysis; the Weighted Factors method, and the AHP (Analytic Hierarchie Processess) or Hierarchical Analysis Process method. From the application of the methods, the establishments to be analyzed were selected. Both methods coincide in the first two establishments at priority level, but there are variations from the third. Based on this, the first two are considered to be the ones most affected by noise in the city of Oberá. From this selection it is proposed to carry out measurements *in situ* in the selected establishments in order to verify the incidence of noise.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido es aquel sonido no deseable o nocivo, y en la actualidad es uno de los principales contaminantes más invasivos. El ruido ambiental puede derivarse principalmente de las siguientes fuentes, construcciones de obras, espacios de esparcimiento, automóviles, industrias, entre otras y estas forman parte de la vida cotidiana de las personas.

La exposición a los diferentes niveles de ruidos puede provocar efectos adversos en la salud y también afectar el bienestar de las personas. La Organización Mundial de la Salud y otros organismos, afirman que los daños que puede ocasionar niveles de ruidos elevados son: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, dolor y fatiga auditiva, perturbación del sueño, efectos cardiovasculares, respuestas hormonales (hormonas del estrés, molestias, y un punto muy importante a tener en cuenta es que puede llegar a afectar al rendimiento de las personas en la escuela o en el trabajo. Además, puede generar interferencia en la comunicación oral y en el comportamiento social. Si bien el ruido perturba a las personas de todas las edades, los niños y jóvenes que se encuentran en la edad de crecimiento, son los más afectados por los niveles de ruido, además el mismo puede ser una barrera para el aprendizaje.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], 466 millones de personas en el mundo padecen de pérdida de la audición discapacitante, de los cuales 34 millones son niños. La OMS sostiene que la exposición al ruido excesivo es una de las causas y advierte que los niños son uno de los colectivos más vulnerables ante los efectos nocivos del ruido.

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Oberá, la cual se localiza aproximadamente en el centro de la Provincia de Misiones, en las coordenadas 27°29'12"S y 55°07'13"O (Plaza San Martín) [2]. Oberá cuenta con más de 35 establecimientos educativos, tanto de gestión pública como privada y posee distintos niveles de enseñanza, los cuales son: enseñanza nivel inicial, primaria, secundarias, terciaria y nivel universitario.

El objetivo del presente trabajo es seleccionar cuáles de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá se ven afectados en mayor proporción a los niveles de ruido. Para la selección se tuvo en cuenta diferentes factores, los cuales se consideran generadores de los ruidos y se utilizó dos métodos para proceder a la elección. Se tuvo en cuenta para el análisis que las instituciones cuenten con nivel de enseñanza primaria, ya que los niños de esas edades son los más afectados a la exposición de este contaminante, no se realizó discrepancia entre instituciones públicas o privadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para comenzar con el estudio primeramente se realizó una búsqueda de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá a través del sitio web oficial del Consejo General de Educación de la Provincia de Misiones [3]. Con los datos obtenidos se clasificaron las instituciones de acuerdo a sus diferentes niveles de enseñanza, los cuales son: nivel inicial, primario, secundario, terciario y universitario. Conjuntamente se identificó cuáles de los establecimientos pertenecen al sector de enseñanza pública o privada.

Como la ciudad de Oberá cuenta con más de 35 establecimientos escolares es difícil hacer un análisis de todos, por lo tanto, se procedió a utilizar dos tipos de métodos para poder seleccionar las instituciones que se encuentran más afectadas por el ruido y a partir de la selección, evaluar, registrar y analizar los valores obtenidos.

Se destaca que el primer criterio que se toma en cuenta antes de aplicar los métodos es que para el análisis se elegirán las escuelas que posean nivel inicial y primario ya que los niños de estas edades son los más afectados por los niveles elevados de ruido. En cada uno de los métodos que se presentan se pueden observar que se analizan diferentes factores, los cuales intervienen en distintas proporciones con la generación del ruido. Para el análisis se utilizó el método de los factores ponderados y el método AHP (Analytic Hierarchy Process).

2.1 Primer método: Factores Ponderados.

Una de las técnicas a utilizar es la de los factores ponderados el cual se basa en desarrollar una lista con los factores relevantes, luego asignar un peso a cada factor para indicar la importancia relativa, teniendo en cuenta que la suma de los pesos debe ser igual a 1 (uno). A continuación, con la utilización de una escala numérica se califica a cada factor con la puntuación deseada y luego se multiplica la misma por los pesos relativos. Se sumarán los valores y se seleccionará el factor con mayor puntuación.

Tabla 1 Escala numérica de Saaty.

Puntuación	Descripción
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostrablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Fuente: El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco. Ramírez Mirta Liliana

En este método cada factor posee un peso y para poder calcular estos valores existen diversos métodos de asignaciones de pesos. Se utiliza el Análisis Jerárquico de Saaty (1980). Este método se basa en la comparación por pares de criterios que parte de una matriz cuadrada que se puede observar como ejemplo, en la figura 1 [4] en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar [5]. Por lo tanto, se establece una matriz en la cual se compara la importancia de cada uno con los demás. A continuación, se establece el procedimiento de este método: en primer lugar, se determina la importancia relativa de la variable de cada fila en relación a la variable de su columna correspondiente, así, es preciso primero, completar toda la matriz introduciendo en el triángulo superior-derecho el inverso del valor de la celda correspondiente de triángulo inferior-izquierdo. Luego se deberá sumar cada columna para obtener un marginal de columna, a continuación, generar una nueva matriz mediante la división de cada celda entre el marginal de su columna. Por último, calcular la media de los pesos de cada línea.

Se debe considerar que por más que se cuenta con una escala para asignar los valores de la matriz, las comparaciones por parejas son calificadas por el analista, por lo tanto, involucran decisiones que dependen del juicio del mismo.

(x) \ (j)	Geología	Pendiente del terreno	Geomorfología	Conflictos de usos	Σx_j	$\Sigma x_j/n$	Peso relativo $\Sigma(\Sigma x_j/n)/\Sigma x_j/n$
Geología	1						
Pendiente del terreno		1					
Geomorfología			1				
Conflictos de usos				1			
					$\Sigma x_j =$		

Figura 1 Matriz de Jerarquías.

Fuente: Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio. Marcano Arismar, Cartaya Scarlet, Pacheco Henry y Méndez Williams.

Para comenzar con la aplicación del método, primeramente se detallan a continuación los factores que se tienen en cuenta para realizar la selección de los establecimientos educativos. Los mismos se pueden dividir en cinco grandes grupos en los cuales cada uno de ellos se encuentra conformado por diversos elementos. Los grupos son: vehículos, vías de circulación, delimitación por distritos, barreras naturales o artificiales y características edilicias.

2.1.1 Vehículos

- Velocidad: el motor, la transmisión, escape, rodadura y turbulencias aerodinámicas son factores que generan ruido, y dependen además de la velocidad del vehículo.
- Categoría: los diferentes vehículos se clasificarán en dos grandes categorías: pesados y livianos. El grupo de los vehículos livianos esa constituido por motos, automóviles, camionetas pick up, combi o micro bus (hasta 33 pasajeros). Los vehículos pesados están constituidos por ómnibus y camiones tanto para transporte de personas como cargas. También se debe considerar las motocicletas que generan ruidos porque utilizan escapes libres.
- Flujo vehicular o intensidad del tránsito: es la cantidad de vehículos que circula por hora, y posee una incidencia directa en el ruido. Por ejemplo, cuando la vía de circulación vehicular se encuentra saturada, se hace más difícil poder maniobrar lo que hace que se disminuya la velocidad, por lo tanto, se genera menos ruido.

- Régimen: Se pueden identificar los siguientes regímenes, flujo continuo, característico de una ruta; flujo pulsante continuo, típico de una calle urbana; y el flujo interrumpido o pulsante desacelerado o acelerado, característico de calles semaforizadas, puestos de peaje, etc.
 - Flujo continuo: Situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía.
 - Flujo pulsante continuo (calle urbana): circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles.
 - Flujo interrumpido pulsante (calles semaforizadas): Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. Situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad.

2.1.2 Vías de circulación

- Pendiente de la vía de circulación: las pendientes son características del relieve de la ciudad de Oberá, y combinado con el tráfico vehicular incrementa los niveles de ruidos, por lo tanto, si es mayor de unos pocos grados tiene una incidencia muy grande en el ruido resultante, debido a que obliga a bajar la relación de transmisión para una determinada velocidad, lo cual aumenta la velocidad angular del motor y el ruido del escape.
- Material de la vía de circulación: el tipo de material el cual está construido la vía influye en el ruido ya que en la compresión entre la cubierta y el pavimento se liberan pequeñas burbujas que quedaron atrapadas entre ambas partes y la cantidad de las mismas es mayor en pavimentos lisos que en los pavimentos más porosos.
- Perfil: el perfil de la vía puede ser abierto, en L y en U. El perfil abierto es cuando no existen superficies reflectantes cercanas. El perfil en L es cuando solo en un lado de la vía hay un plano de fachada y en el otro no, por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro. Y el perfil en U es cuando en ambos lados de la vía hay fachada.
- Estado: las diferentes vías de circulación pueden encontrarse en diferentes estados, si las vías poseen pequeñas grietas corresponderá a un nivel de deterioro bajo. Pero si la vía posee baches profundos, el asfalto se encuentra levantado o dañado corresponderá a un nivel alto de deterioro.
- Tipo: las vías de circulación de la ciudad de Oberá se pueden clasificar de acuerdo a si se encuentran en lugares donde concurren muchas personas, además de locales y/o comercios, estos factores influyen en el flujo vehicular. Por lo tanto, la clasificación es:
 - Avenidas principales: mucha concurrencia de personas, un elevado flujo vehicular y gran mayoría de comercios.
 - Avenidas y/o calles secundarias: menor concurrencia de personas, mayor cantidad de casas y menos comercios.
 - Calles terciarias: en estas se encuentran calles de poca concurrencia de flujo vehicular y pocos comercios.
- Cantidad de carriles: la cantidad de vías de circulación influye en la generación de ruido, es decir, al tener más vías hay mayor cantidad de autos. Por lo tanto, se clasificará de acuerdo a la cantidad: una sola vía o varias vías, en el caso de la varias vías el sentido de las mismas puede ser en la misma dirección o contrarias.

2.1.3 Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Otro elemento a tener en cuenta es la cercanía de los establecimientos con fuentes fijas, tales como industrias generadoras de ruido, actividades comerciales, boliches, y cualquier punto con presencia de personas en actividades de ocio o deportivas. Por lo tanto, se identificarán el tipo de fuente fija de ruido y además la distancia al establecimiento educativo.

2.1.4 Delimitación por distritos

Este es un factor que queda en consideración como limitante para la selección de puntos, ya que, si bien el distrito residencial de alta densidad concentra el mayor porcentaje de establecimientos, los demás distritos se encuentran en expansión, por lo que es factible el crecimiento de instituciones en los mismos, por lo tanto, los resultados hallados podrán ser tomados en consideración para la instalación de las mismas.

2.1.5 Barreras naturales o artificiales

No se tomarán en cuenta las barreras naturales, ya que existen estudios que brindan información respecto a que arboles dispersos no cumplen un papel significativo en la disminución del ruido. Por lo tanto, para poder descender el nivel de los ruidos se deberían utilizar barreras largas, anchas y densas. Pero si se tendrán en cuenta la existencia de alguna barrera artificial, como por ejemplo un muro de mampostería perimetral, ya que de esta forma es un obstáculo para la propagación del ruido.

2.1.6 Características edilicias

Este factor se tomará en cuenta a la hora de relevar los datos, pero no en la matriz de factores ya que involucra distintas variables cualitativas de acuerdo al tipo de establecimiento que se releve. La estructura edilicia añade gravedad con respecto al ruido, ya que, si muchas calles se encuentran encajonadas entre edificios, el mismo se refleja entre fachadas opuestas y no se disipa con rapidez. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos de las edificaciones: material de fachada, la cantidad de plantas y la altura de la estructura edilicia, y que aulas o espacios se encuentran ubicados cerca de las vías de circulación. Además, se tendrá en cuenta si las ventanas poseen persianas ya que las mismas se comportan como barreras para el ruido. Una vez definidos los factores se detallan las escalas que se utilizan para poder asignarle valores correctos y reales a cada tipo de institución.

2.1.7 Grupo 1: Vehículos

Velocidad: según el Art. 51° de la Ley N°24.449 establece lo siguiente: “En proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas: la velocidad precautoria no ser mayor a 20 km/h durante su funcionamiento”.

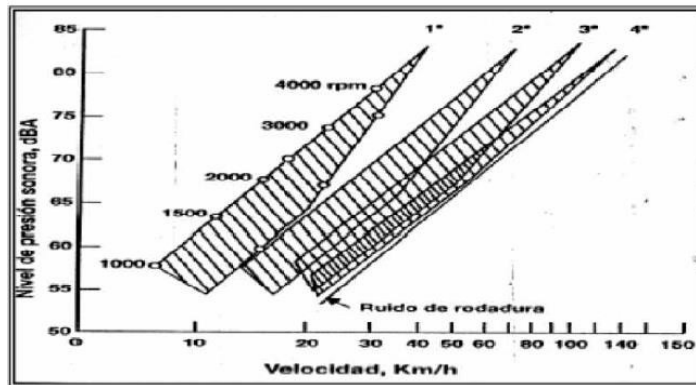


Figura 2 Velocidad en relación con el nivel sonoro.
Fuente: Sociedad Española de Acústica

Como se puede observar en la figura, depende del tipo de auto el nivel sonoro es diferente y además depende de la velocidad. Por lo tanto a partir del gráfico y teniendo en cuenta el código de tránsito de la Argentina se obtiene los valores límites teniendo en consideración la categoría.

Tabla 2 Puntaje en función de la velocidad y categoría.

Velocidad	Categoría	Puntaje
<40km	Ligeros/Pesados	1 a 5
>40km	Ligeros/Pesados	6 a 9

Flujo vehicular: con respecto a la intensidad del tránsito se considera que el mismo produce una modificación del nivel de fondo por lo tanto a mayor intensidad de tráfico mayor será el nivel sonoro de fondo. Una calle con mucho tráfico alcanza los 75 dB.

Tabla 3 Puntaje en función al flujo vehicular.

Cantidad de vehículos	Puntaje
0 - 50	1 a 3
50 - 200	4 a 6
>200	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Régimen: para evaluar este factor se definen los regímenes y se le asigna el puntaje de acuerdo a cuál de estos afecta en mayor proporción al ruido.

Tabla 4 Puntaje según el régimen.

Régimen de tráfico	Puntaje
Flujo Esporádico	1 a 3
Flujo continuo	3 a 5
Flujo pulsante continuo:	5 a 7
Flujo interrumpido pulsante	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Categoría: la categoría no se evaluará ya que no se cuenta con la suficiente cantidad de datos, pero se puede observar en la figura como varía los decibeles de acuerdo a la categoría del vehículo y de la frecuencia.

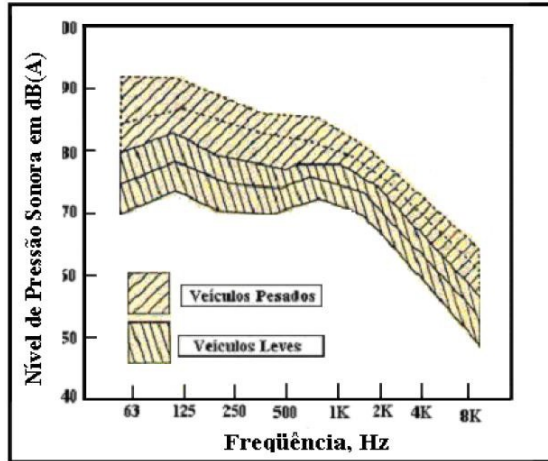


Figura 3 Nivel de ruido según la categoría del vehículo.
Fuente: Tarrío 1992

2.1.8 Grupo 2: Material de la vía de circulación

A velocidades superiores a 50 km/h aproximadamente, el ruido es producido por la interacción entre la banda de rodadura de los neumáticos y la superficie de la vía de circulación. A continuación, se clasifican los tipos de pavimentos que se pueden encontrar:

- Pavimentos Asfálticos o Flexibles: aquéllos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.
- Pavimentos de Concreto o Rígidos: construidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares.
- Otros: Adoquines, empedrados, suelo cemento.

En la ciudad de Oberá se puede encontrar pavimentos asfálticos, empedrados, adoquines y calles de tierra. Según la bibliografía consultada los pavimentos producen menos ruido que los adoquines o empedrados. Por lo tanto, se puntuará con valores más altos al material que produce más ruido.

Tabla 5 Puntaje en función del material de la vía.

Material	Puntaje
Tierra	1 a 3
Empadrado, adoquines	4 a 6
Pavimento	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

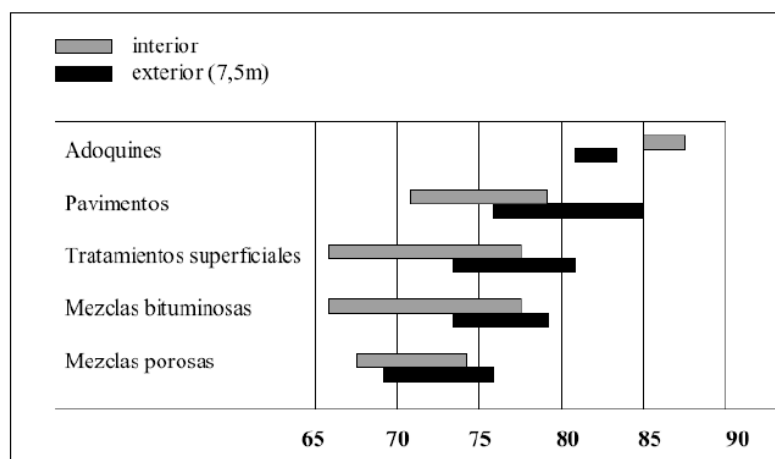


Figura 4. Efectos de los distintos suelos.

Fuente: Tesis sobre el estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos. Javier Morales.

Pendiente: Según la tesis de Javier Morales la existencia de pendientes origina elevaciones en los niveles sonoros, sobre todo a los vehículos pesados ya que estos tienen una mala relación potencia/peso y obliga a aumentar esta para poder mantener la velocidad. El signo de la pendiente no influye del todo, ya que si la misma es positiva o negativa, si los vehículos circulan correctamente

deben tener igual marcha e igual número de vueltas del motor, pero si hay que tener en cuenta el ruido producido por las frenadas. Según un estudio realizado que se presenta en la tesis antes mencionada, el resultado que se dedujo es que cuanto mayor es la pendiente mayor es el ruido producido por el tráfico. A continuación, se puede observar una ilustración la cual relaciona la pendiente con la emisión de ruido producido por los vehículos.

Para pendientes inferiores del 3% la incidencia del ruido no es significativa ya que es menor a 1dBA. Para pendientes superiores al 3%, a cada incremento de un punto en la pendiente el nivel de ruido se incrementa en 2dBA. Por lo tanto, el rango de valores a considerar para evaluar es el siguiente:

Tabla 6. Puntaje en función de la pendiente.

Pendiente	Nivel	Puntaje
0° – 2°	Leve	1 a 5
>2°	Elevada	5 a 9

Fuente: Elaboración propia

Perfil: el perfil de la vía puede ser de tres tipos: abierto, en L y en U. El perfil abierto se tiene cuando no hay superficies reflectantes cercanas. El perfil en L, cuando sólo hay un plano de fachadas (por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro). El perfil en U corresponde a dos planos de fachadas y es el típico de las calles urbanas. El perfil en L puede aumentar en hasta 3 dB el nivel cercano a la fachada.

El perfil en U puede aumentar algo más inclusive, produciendo además un efecto reverberante. Cuando las superficies son irregulares, con presencia de balcones, porches, etc. (reflexión difusa), el ruido se puede ver algo reducido con respecto al caso en que el plano de fachadas es uniforme (reflexión especular).

Tabla 7 Puntaje con respecto al perfil de la vía.

Tipo de perfil de la vía de circulación	Puntaje
Abierto	1 a 3
En L	4 a 6
En U	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Estado: si el estado en que se encuentra la vía de circulación es malo se puntuará con un valor elevado de lo contrario si el estado es regular o bueno, el puntaje será bajo.

Tabla 8 Puntaje en función del estado de la vía.

Estado de la vía de circulación	Puntaje
Bajo	1 a 5
Alto	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

Tipo de vía de circulación: se puntuará de acuerdo a la clasificación del tipo de vía, si es una avenida principal tendrá un valor elevado, ya que son vías que hay más flujo vehicular. Y si son avenidas secundarias el puntaje será menor.

Tabla 9 Puntaje en función al tipo de vía.

Tipo de vía de circulación	Puntaje
Vía Terciaria	1 a 3
Vía Secundaria	4 a 6
Vía Principal	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de carriles para la circulación: se considera que una calle que tiene un mayor número de carriles, produce más ruido por lo tanto el valor del puntaje será más elevado.

Tabla 10 Puntaje en función a la cantidad de carriles.

Cantidad de carriles	Puntaje
1 carril	1 a 5
2 carriles	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.9 Grupo 5: Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Tipo de actividad: se puede observar de acuerdo a las mediciones realizadas, para actividades industriales y construcciones civiles, se registran los valores más altos de ruido con respecto a la actividades comerciales y recreativas, por lo tanto, se puntuarán con valores más altos las actividades que poseen valores de ruidos elevados, el rango de valores a considerar será:

Tabla 11. Puntaje en función del tipo de actividad

Tipo de Actividad	Puntaje
Comercial y recreativa	1 al 5
Industrial y construcciones civiles	6 al 9

Fuente: Elaboración propia.

Proximidad con los establecimientos: las fuentes fijas que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55 dB(A). Además, según la bibliografía consultada las mediciones se realizan a una distancia entre 1,50 a 3 m por lo tanto este será el valor crítico y tendrá el puntaje mayor.

Tabla 12. Puntaje con respecto a la proximidad del ruido con los establecimientos.

Proximidad a los establecimientos	Puntaje
>3m	1 a 5
<3m	a 9

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido todos los factores y la puntuación de cada uno de ellos, mediante la herramienta Microsoft Excel se procede a cargar todas las puntuaciones y a aplicar el método de los factores ponderados.

2.1.10 Grupo 3: Delimitación por distritos

De acuerdo al distrito en donde se encuentra la escuela, se realizará el puntaje. Por lo tanto, los distritos que poseen mayor densidad de población se considera que tendrá un valor más alto de ruido por lo tanto el valor del puntaje será más alto.

Tabla 13 Puntaje con respecto al distrito.

Distritos	Puntaje
Residencial Baja Densidad	1 a 2
Residencial Media Densidad	3 a 4
Residencial Alta Densidad	5 a 6
Central	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.10 Grupo 4: Barreras naturales o artificiales

Si el establecimiento cuenta con alguna barrera en la ventana, un obstáculo para el ruido, tendrá un puntaje menor. Si no posee barrera tendrá un puntaje alto.

Tabla 14 Puntuación con respecto a la barrera.

Barrera	Puntaje
Posee barrera	1 a 5
No posee barrera	6 a 9

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Segundo método: AHP

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores es tan importante como los datos utilizados en el proceso.

La técnica AHP utiliza simples comparaciones para determinar los pesos y evaluarlos. De esta forma se evalúa sólo dos criterios al mismo tiempo, los juicios son trasladados a una escala de puntuación como se aprecia en la figura 5.

Una vez que se han analizados todas las alternativas teniendo en cuenta cada uno de los criterios se procede a realizar una matriz y hallar un vector de prioridad, el cual sirve para comparar los elementos de la matriz. La técnica AHP permite al analista evaluar la congruencia de los juicios con

el radio de inconsistencia (IR). Inconsistencias superiores a 0,1 o más justifican una mayor investigación de los criterios evaluados.

Este es un proceso que para el caso que se está analizando es largo y dificultoso, por lo tanto, se utiliza el Software Expert Choice para obtener los resultados. El procedimiento que se realizó con este programa es el siguiente: primeramente se cargaron cada uno de los criterios y luego se asignó con un escala la importancia de cada uno de los mismos con respecto al otro, y se tuvo en cuenta que el índice de inconsistencia sea un valor menor que 0,1, esto se puede observar en la figura 6. A partir de ello se cargaron todas las alternativas y se fueron comparando de a pares cada una de ellas en cada uno de los criterios como se puede observar en la figura 6. Luego se obtuvo los resultados finales.



Figura 5 Factores a evaluar.
Fuente: Software Expert Choice.

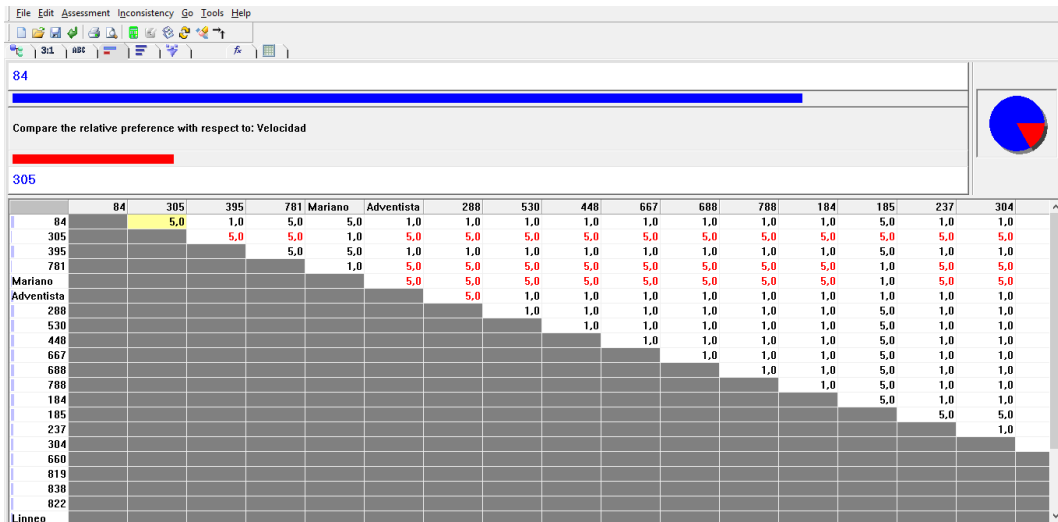


Figura 6 Comparación de alternativas.
Fuente: Software Expert Choice.

2.3 Comparación de los métodos

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los métodos, de esta manera se puede realizar una comparación entre ambos y analizar si los resultados son los apropiados.

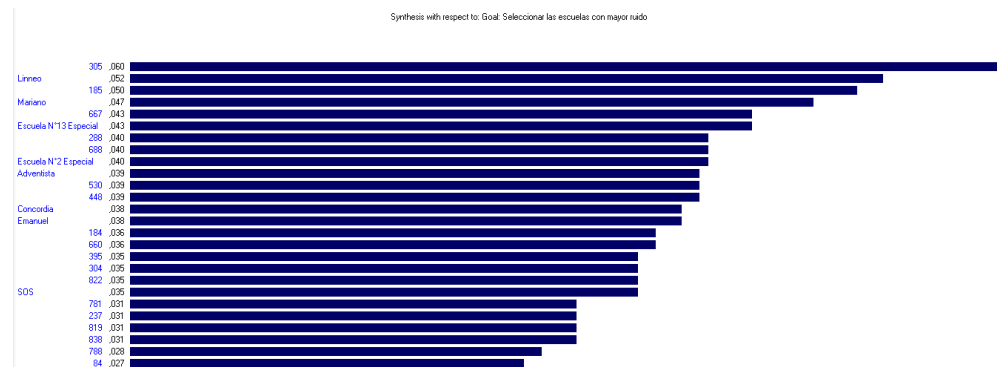


Figura 7 Resumen de resultados.
Fuente: Software Expert Choice.

Factores	CIR	Instituciones Educativas																											
		N°84	N°395	N°781	Instituto Emanuel	Escuela Privada Advent	N°288	N°530	N°480	N°667	N°688	N°785	N°184	N°185	N°207	N°304	N°660	N°110	N°126	N°122	Instituto Carlos Linneo	Instituto Concepción	Instituto Privado S.O.S.	Instituto Privado Emanuel	Escuela Especial N°2	Escuela Especial N°13			
Vehículos	Velocidad	0,0288	7	5	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Cantidad	0,0758	2	8	2	2	8	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Regimen	0,0823	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vías de circulación	Pendiente	0,056	7	8	2	8	1	1	8	1	8	1	7	1	1	3	3	8	1	1	7	1	1	6	1	1	3	8	
	Perfil	0,0221	2	8	2	2	5	7	5	5	5	5	5	5	5	8	8	5	5	8	8	8	5	8	8	8	5	8	
	Material	0,036	5	7	5	5	7	6	6	6	6	6	7	3	5	6	7	6	6	7	6	5	7	7	6	7	7	6	
	Estado	0,0606	3	7	3	7	3	7	3	7	7	7	7	3	7	3	3	3	3	7	7	7	3	3	7	3	3	7	
	Cantidad de vías	0,0395	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	3	3	7	3	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Fuentes fijas	Tipo	0,0455	1	8	1	8	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Tipo de actividad	0,008	2	5	6	2	5	2	3	2	2	6	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	5	3	
	Barra	0,0375	5	6	6	6	8	8	8	8	8	6	6	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Distrito		0,0325	1	9	2	2	3	3	3	1	1	5	1	1	3	1	3	5	1	3	1	3	1	1	8	5	2		
	Suma	100,000%																											
TOTAL			3,9848	5,4924	4,5181	3,5455	5,2721	4,5162	4,9897	4,3182	4,4848	4,6061	4,1970	3,0361	3,9091	4,8438	3,8882	4,4621	4,1061	3,3881	3,4778	4,3788	5,8469	3,6288	4,4242	4,7273	4,8884	5,0989	

Figura 8. Resultados finales.
Fuente: Elaboración Propia mediante el software Microsoft Excel.

Una vez obtenidos los resultados por ambos métodos se procede a clasificar las instituciones según las que poseen mayor ponderación y a su vez en función del distrito al cual pertenece. Se seleccionaron dos establecimientos por cada distrito de la ciudad de Oberá.

Como se puede visualizar en ambos métodos el establecimiento al cual le afecta en mayor proporción los ruidos es a la Escuela N°305, la cual se encuentra ubicada sobre la Avenida José Ingenieros N°353. La misma tiene los siguientes niveles de enseñanza: nivel inicial y primario, además se trata de una institución de enseñanza pública.

El Instituto Carlos Linneo se encuentra en la segunda posición con respecto a la puntuación, por lo tanto, este será otra institución a considerar. Cuenta con nivel inicial, primario, secundario y nivel superior. Se ubica sobre la Avenida Gobernador Barreyro N°947. Ambos establecimientos educativos se encuentran dentro del distrito central de la ciudad de Oberá.

Según uno de los métodos otra de las instituciones que se encuentra afectadas por los niveles de ruidos es la Escuela Provincial N°185, la misma se encuentra localizada sobre la avenida Santiago del Estero N°150 y forma parte del distrito central de la ciudad de Oberá.

Para los otros distritos, se analizarán los siguientes centros educativos:

Tabla 15 Establecimientos seleccionados en los otros distritos de la ciudad

Distrito	Establecimiento 1	Establecimiento 2
Densidad Alta	Instituto Privado Emanuel	N°667
Densidad Media	N°288	N°2 Especial
Densidad Baja	N°781	N°530
Equipamiento Productivo	N°395	N°84

Fuente: Elaboración Propia.

3. CONCLUSIONES.

Una vez realizado el análisis se pudo observar que existen diversos factores que influyen en la generación de ruidos molestos, y no solamente los que se estudiaron en este trabajo. Para poder realizar el estudio de manera correcta y eficiente se necesita contar con numerosa cantidad de datos e información.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los diferentes métodos se puede observar que existe una gran relación entre el distrito con respecto al establecimiento. El distrito central es el que concentra mayor cantidad de comercios, se encuentra conformado por las principales avenidas de la ciudad y por lo tanto son las principales vías de circulación del transporte público, a partir de ello se pudo observar que los niveles de ruido son más elevados que en otros distritos, consecuentemente los establecimientos ubicados en esas zonas se verán más afectados.

Ambos métodos son subjetivos, es decir que de acuerdo al analista que realice el estudio pueden variar los resultados.

4. REFERENCIAS.

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» 15 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [2] IPEC, Gran Atlas de Misiones. Capítulo 7: Departamento. Oberá, Posadas, Misiones, 2012.
- [3] C. G. d. Educación, «Consejo General de Educación,» [En línea]. Available: <http://www.cgepm.gov.ar/>.
- [4] A. Marcano, . S. Cartaya, . H. Pacheco y W. Méndez, «Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio (EEM)».

- [5] R. M. Liliana, «El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco,» Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia Chaco Argentina, 2004.
- [6] V. L. d. E. S. T. Láo, «Estudo Comparativo do desempenho acústico de diferentes tipos de revestimento dos pavimentos,» Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil, 2004.

Calidad de vida de habitantes de pueblos originarios cercanos a las litieras de la Puna salteña.

Thames Cantolla, Martin; Valdez, Silvana K.; Tinte Montalbetti, María de los A.*

**INIQUI – CONICET – Universidad Nacional de Salta – Facultad de Ingeniería.
Av. Bolivia 5150. core.mtc@hotmail.com.*

RESUMEN.

En los últimos años, el aumento de la demanda mundial de litio generó en la región de la Puna salteña, la llegada de numerosas empresas mineras con el objetivo de producir Carbonato de Litio. Esta región se caracteriza por poseer un clima árido y seco, y en donde por años, las actividades económicas fueron la ganadería de subsistencia (crianza de llamas y ovejas) y los intercambios de sal por mercadería, entre otros. El objetivo de este trabajo, es formular un modelo matemático que describa la calidad de vida de las comunidades originarias que habitan en las cercanías de las empresas mineras. Para ello se confeccionaron encuestas que fueron respondidas por los habitantes de dichas comunidades que participan en las mesas sociales organizadas por la Secretaria de Minería. Las preguntas elegidas para la encuesta fueron seleccionadas a partir de focus group con expertos del área y miembros de la Secretaria de Minería de Salta. Se tuvieron en cuenta 5 factores: familia, trabajo, salud, educación y ambiente; los cuales, según la responsabilidad social empresarial (RSE), conforman los puntos de mayor preponderancia al momento de analizar la calidad de vida de una persona. En una primera etapa se planteó un modelo en base a ecuaciones estructurales (SEM) y se comprobó que los factores propuestos fueran satisficieron la fiabilidad y validez discriminante, además, de obtener indicadores de bondad de ajuste adecuados. Para ello se emplearon los softwares IBM SPSS y AMOS v23. Los indicadores estadísticos del modelo propuesto confirman su validez.

Palabras Claves: calidad de vida, litio, ecuaciones estructurales.

ABSTRACT

In recent years, the increase in global demand for lithium generated in the Puna region of Salta, the arrival of numerous mining companies with the objective of producing Lithium Carbonate. This region is characterized by an arid and dry climate, and where for years, economic activities were subsistence farming (raising llamas and sheep) and salt exchanges for merchandise, among others. The objective of this work is to formulate a mathematical model that describes the quality of life of the original communities that live in the vicinity of mining companies. For this, surveys were prepared that were answered by the inhabitants of these communities. The questions chosen for the survey were selected from a focus group with experts from the area and members of the Ministry of Mining of Salta. Five factors were taken into account: family, work, health, education and environment; which according to the aspects of corporate social responsibility (CSR) of companies, make up the most important points when analyzing the quality of life of a person. In a first stage, a model based on structural equations (SEM) was proposed and it was found that the proposed factors were representative. For this, the IBM SPSS and AMOS v23 software were used. The statistical indicators of the proposed model confirm its validity.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Perspectivas del litio

Durante los últimos años el mercado internacional del litio ha entrado en un ritmo ascendente, este a su vez se encuentra acelerado debido a la demanda de baterías para distintas aplicaciones a nivel mundial. Siendo el uso en baterías el de mayor importancia con un 39% del mercado, desplazó del primer lugar a la cerámica y vidrio, y se espera que para el 2025 represente más de dos tercios de la demanda. En este aspecto, se observa con atractivo el potencial de los salares sudamericanos, que poseen costos competitivos y gran disponibilidad de recursos [1,2].

En la región Sudamericana, la cuarta reserva mundial de litio se localiza en Argentina (país integrante del “triángulo del litio” junto a Bolivia y Chile) lo que representa un desafío local y regional superar un esquema de extracción minera de litio de alto contenido tecnológico [3].

En la zona del Noroeste Argentino (NOA) existen numerosas empresas abocadas a la producción del litio, sin embargo, solo 3 de ellas se encuentran en producción (una en Catamarca y otra en Jujuy) y una tercera (en Salta) con una planta piloto ya en funcionamiento y realizando inversiones para instalar la planta industrial más grande del mundo [4]. De acuerdo a la Secretaría de Minería de Salta, en la provincia existen 50 proyectos de extracción de litio en desarrollo, de los cuales dos se encuentran en fase avanzada para estar en producción dentro de dos años. Las principales expectativas del gobierno nacional para que el país se convierta en el segundo productor mayoritario de litio a nivel mundial en el año 2022, están puestas en Salta [5,6].

En 2018, Salta encabezó el ranking mundial de anuncios de inversiones para la explotación de litio, con US\$ 1.525 millones presupuestados por tres empresas. Entre las que se encuentran Ganfeng Lithium International, que proyecta US\$ 675 millones para el Salar de Llullaillaco; la surcoreana Pohang Iron and Steel Company, que informó inversiones por US\$ 450 millones para producir hidróxido y carbonato de litio de material extraído en el Salar del Hombre Muerto, y la francesa Eramet, que confirmó la disposición de US\$ 400 millones para los salares Centenario y Ratones [5,6].

En junio de este año, el Gobierno Provincial de Salta presentó el proyecto de Ley de Promoción de Infraestructura Minera, Trabajo y Estabilidad Fiscal, que busca promover acciones para fomentar actividades productivas e infraestructura económica y social para el desarrollo de las comunidades de la Puna Salteña. El proyecto tiene por objetivos fomentar la realización y el mantenimiento de obras de infraestructura necesarias para el desarrollo minero, incorporando procesos de industrialización, promoviendo la generación de puestos de trabajo para los salteños y el crecimiento de proveedores locales. También buscará la adhesión municipal a la Ley Nacional de Inversiones Mineras, otorgando estabilidad fiscal a los proyectos [7].

1.2. Departamento de los Andes

Adentrándonos más en la provincia de Salta, nos encontramos con el departamento de Los Andes el cual se ubica en el oeste de la provincia, en la región de la Puna. Al norte limita con la provincia de Jujuy; al este, con los departamentos de La Poma, Cachi y Molinos; al noroeste, con la República de Chile; y al sur, con la provincia de Catamarca. Tiene una superficie de 25.636 Km² y se encuentra a una altura promedio de 3.500 m.s.n.m.

Este departamento se encuentra conformado por los municipios de San Antonio de los Cobres, cabecera departamental y Tolar Grande. El municipio San Antonio de los Cobres está conformado por las localidades de Urcuro, El Talao, Sansana, Corral Blanco, Corral de Piedra, Puente Grande, Campo de Cerrillos, Matancillas, Las Cuevas, Potreros, Piscuno, Olacapato, El Desierto, Santa Rosa de los Pastos Grandes, Salar de Pocitos, El Palomar, Esquina de Guardia y San Antonio de los Cobres. El Municipio Tolar Grande está constituido por las localidades de Olajaca, Cavi, Antofallita, las estaciones ferroviarias de Taca Taca, Vega de Arizaro, Caipe, Quebrada del Agua, Chuculaqui y Socompa, los puestos mineros y la homónima localidad de Tolar Grande [8,9].

1.2.1. Población y economía

La población de acuerdo a los dos últimos censos realizados por el INDEC es la siguiente:

Tabla 1. Detalle histórico de la población en Los Andes

Departamento	2001			2010		
	Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres	Total
Los Andes	2.881	2.749	5.630	3.127	2.923	6.050

Fuente: INDEC

Las actividades ganaderas y la agricultura familiar están fuertemente condicionadas por las características climáticas de la región. El pastoreo es extensivo, debido a la baja densidad de la vegetación y también a la baja tasa de reposición. Se crían ovinos, caprinos y llamas para el autoconsumo. Los pastores, por otro lado, tienen poca participación en el mercado local de carne, quesos, lana y fibra [8].

El sector minero es otra fuente de trabajo para la comunidad, el cual cuenta con dos actividades perfectamente determinadas: la exploratoria (que busca poner en evidencia depósitos económicamente explotables) y la extractiva (que comprenden los yacimientos minerales que integran parte del circuito productivo provincial). La construcción, vialidad y la seguridad son otras fuentes laborales para los habitantes de la región. Cabe destacar que casi todas de las mujeres de la zona son artesanas, cuya actividad principal es la producción individual de hilos y tejidos con aguja, de lana de oveja y fibra de llama y en menor medida con telar. Las familias concentran la actividad doméstica y reproductiva. Para su supervivencia combinan estrategias de diversificación productiva (autoconsumo) con la obtención de otros ingresos (trabajo asalariado, planes sociales) [8].

1.2.2. Clima

Las características geográficas especiales de la Puna determinan una combinación tal de factores que dan origen a una condición climática particular. El clima es extremo. La radiación solar es intensa, especialmente de octubre a marzo. Frecuentemente es ventoso y seco. Las amplitudes térmicas, tanto en invierno como en verano, son marcadas. La presión atmosférica está influenciada por la altura; la presión media es de 410 mm de mercurio [8].

1.2.3. Suelos

El suelo, como todo recurso natural, se presenta en la superficie con variaciones de sus características morfológicas y de sus propiedades físicas y químicas en los sentidos vertical y horizontal [8].

1.3. Calidad de Vida

El concepto de Calidad de Vida (CV) se remonta a los EEUU luego de la Segunda Guerra Mundial [10], como una tentativa de los investigadores de la época de conocer la percepción de las personas acerca de si tenían una buena vida o si se sentían financieramente seguras [11,12]. Es a partir de 1960, cuando su uso comienza a tener mayor relevancia, debido a los científicos sociales que inician investigaciones en CV recolectando información y datos objetivos como el estado socioeconómico, nivel educacional o tipo de vivienda, siendo muchas veces estos indicadores económicos insuficientes [13], dado que sólo podían explicar un 15% de la varianza en la CV individual.

Como resultado de esto, se puede decir que la calidad de vida (CV) es un concepto referido al bienestar en todas las áreas del ser humano, respondiendo a la satisfacción de las necesidades físicas, materiales, sociales, psicológicas o emocionales, de desarrollo y ecológicas. Diferentes autores han concluido que esta no solo es función de factores económicos, sino que también intervienen factores sociales y psicológicos [14], a diferencia de lo que se pensaba años atrás en donde los modelos planteados solo hacían referencia a aspectos económicos, desestimando el resto de factores involucrados.

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años, en la región del NOA, se han instalado numerosas empresas mineras vinculadas a la industria del litio. Estas, han modificado de alguna manera las condiciones de vida de las comunidades originarias, las cuales se encuentran instaladas en las cercanías de las empresas mineras y las cuales llevaban el estilo de vida descripto antes. Con todo esto, los autores se permiten pensar que la CV de las personas del lugar se ha modificado.

A su vez, la existencia de numerosas variables intervinientes en este tipo de estudios, y la posibilidad de una múltiple vinculación entre ellas (tanto directa como indirecta), nos permite analizar los datos empleando herramientas multivariantes. Puntualmente se empleará el modelo de ecuaciones estructurales (Structural Equation Modeling, SEM), el cual permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia, y es particularmente útil cuando una variable dependiente se convierte en variable independiente y a la vez, esta última afecta a otra variable dependiente [15]. En otras palabras, SEM estima una serie de ecuaciones de regresión múltiple distintas pero interrelacionadas mediante la especificación del modelo estructural utilizado. Por otro lado, este tipo de modelos permite la incorporación variables latentes de análisis (concepto supuesto y no observado que solo puede ser aproximado mediante variables medibles u observables [16]).

El objetivo de este trabajo, es formular un modelo matemático que describa la calidad de vida de las comunidades originarias que habitan en las cercanías de las empresas mineras. Para ello se confeccionaron encuestas que fueron respondidas por habitantes de dichas comunidades. Las preguntas elegidas para la encuesta fueron seleccionadas a partir de focus group con expertos del área y miembros de la Secretaria de Minería de Salta. Se tuvieron en cuenta 5 factores: familia, trabajo, salud, educación y ambiente; los cuales, según la responsabilidad social empresarial (RSE), conforman los puntos de mayor preponderancia al momento de analizar la calidad de vida de una persona.

2. DESARROLLO DEL MODELO

2.1. Materiales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó:

- Encuestas en papel, realizadas a miembros de las distintas comunidades.
- Software IBM SBSS para el análisis de los datos obtenidos de las encuestas.
- Software IBM AMOS para el modelado con ecuaciones estructurales.
- Material bibliográfico de diferentes instituciones como el INDEC, Secretarías de Minería de Salta, Jujuy y Catamarca, Cámara de Minería, etc., sobre los diferentes indicadores que constituyen cada uno de los factores.

2.2. Metodología

Caracterización de la población.

La población estudiada consiste en las 3 comunidades que habitan en las cercanías de las empresas mineras productoras de carbonato de litio en el NOA. Estas comunidades están conformadas en promedio por 300 habitantes cada una. De la misma se tomó una muestra aleatoria de 50 habitantes a los cuales se les realizó la encuesta. Estos habitantes a su vez, son participantes frecuentes de las mesas sociales que se realizan mensualmente entre las empresas mineras, comunidades y la Secretaria de Minería de Salta. Entre los participantes se encontraban: caciques, curacas y chunkacuraca. Cabe mencionar que cada uno de los curacas representa a 10 personas. Con lo cual, se consideró que una encuesta respondida por esta persona, equivale a la respuesta de 10 encuestas diferentes.

2.3. Recolección de Datos: Encuesta

La encuesta estuvo conformada por 34 preguntas de diferentes ámbitos (salud, educación, laboral, familiar y ambiental), constituyendo cada una de estas preguntas como una variable. Se empleó una escala Likert del 1 al 5, siendo:

- 1- *Totalmente en desacuerdo*
- 2- *Parcialmente en desacuerdo*
- 3- *Sin opinión*
- 4- *Parcialmente en acuerdo*
- 5- *Totalmente en acuerdo*

La misma se realizó en las 3 comunidades situadas en las cercanías de cada una de las empresas mineras que actualmente se encuentran en producción.

La indagación se realizó durante las reuniones mensuales que realiza la Secretaria de Minería de Salta, en las llamadas mesas sociales. En estas mesas participan miembros de las comunidades, empresas mineras y personal de la secretaria.

De las encuestas realizadas, se pudo extraer la información que se observa en las Figura 1 y Figura 2:

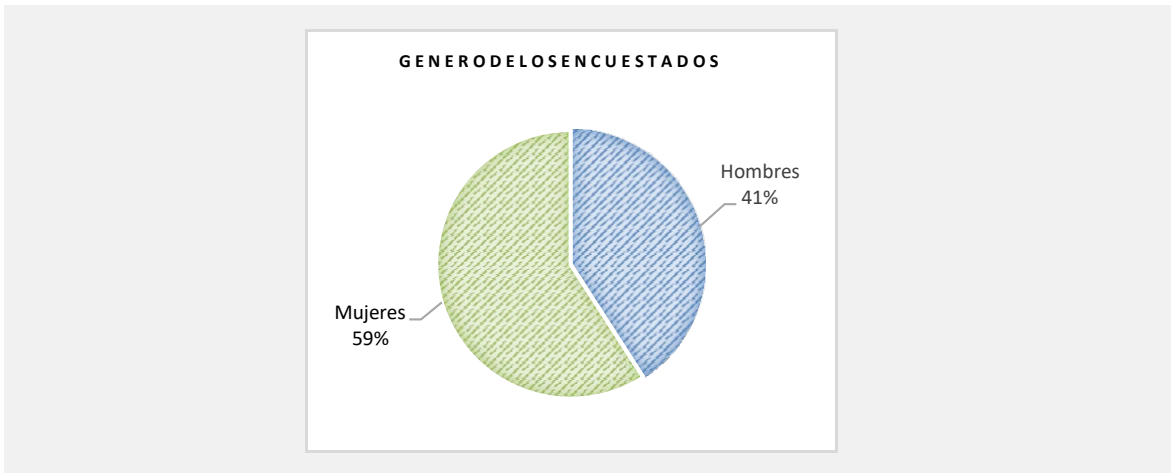


Figura 1. Clasificación de encuestados por género.

Dentro de la muestra encuestada, predominaron las mujeres, quienes mostraron mayor predisposición para responder. Sumado a esto, las mujeres son las que presentan mayor asistencia a las reuniones de las mesas sociales.

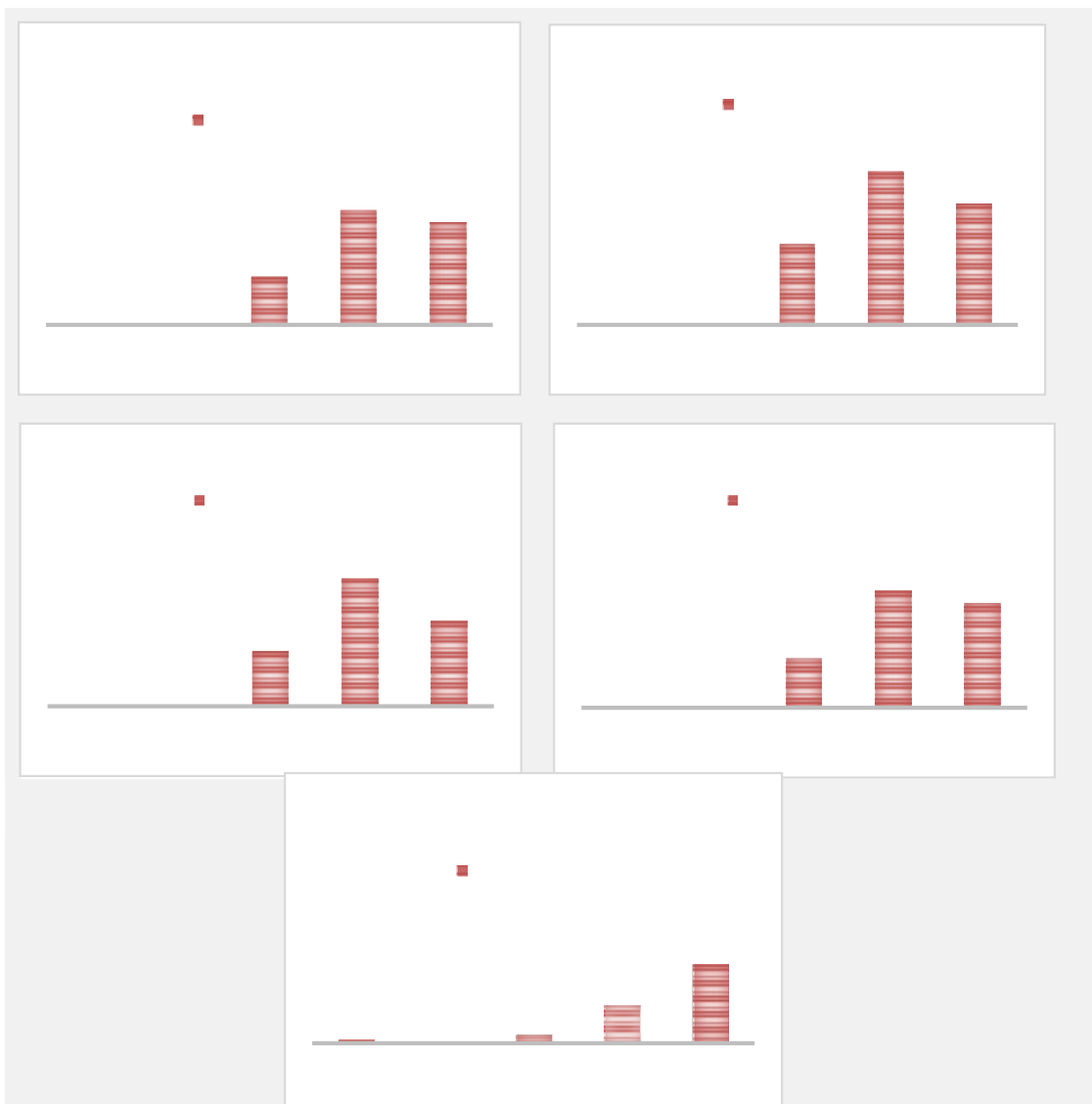


Figura 2. Nivel de importancia por Factor.

De la Figura 2 se puede observar que para los encuestados, los factores analizados tienen un grado de relevancia bastante importante.

2.4. Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Los SEM son una técnica estadística multivariada, estos modelos permiten probar la relación que existe entre variables observadas y latentes (no observada o factor) [17]. Una variable observada es aquella que es posible medir de manera directa, como la edad o la estatura, y una latente no se puede medir directamente (la inteligencia, la motivación, la depresión o el estrés), por lo tanto, se utilizan otras variables observadas para medirlas [18]. Cuando el modelo de ecuaciones estructurales se compone únicamente de variables observadas (path analysis) [19], puede tener similitud con el análisis de regresión lineal clásico; sin embargo, lo hace interesante esta herramienta sobre la regresión es que es posible estimar la relación indirecta y total que tiene una variable sobre otras 10.

Existen 2 tipos de modelos: los que involucran solamente variables observadas y los que mezclan variables observadas y latentes [20, 21]. Su diferencia radica en que, en el primer caso, se busca estimar la correlación entre las variables latentes, mientras que en el segundo se pretende estimar además su relación. Para plantear las ecuaciones asociadas al modelo, es necesario que en primer lugar se represente gráficamente. Una variable observada se simboliza por medio de un cuadrado, una latente por un círculo o elipse, una asociación con una flecha unidireccional y una correlación con una flecha bidireccional. Para el desarrollo de estos modelos se emplean diferentes softwares, en este trabajo, por su interface intuitiva de empleo, haremos uso de: IBM SPSS e IBM AMOS.

En los SEM se pueden estimar los siguientes parámetros: todos los coeficientes que conectan a variables latentes con sus respectivas variables observadas (llamadas cargas factoriales y que se sugieren estén alrededor de 0,70 o más), los que conectan a latentes con latentes, los que conectan observadas con observadas, las varianzas de variables independientes y las covarianzas entre ellas, las varianzas de los errores asociados a variables dependientes y las covarianzas entre ellas. A estos parámetros se los denomina libres [22].

2.5. Manipulación de información en IBM SBSS

Una vez recopilada la información de la encuesta, esta se digitó al software SPSS para analizarla. En primer lugar, se verificó la normalidad de los datos y se procedió a elaborar el análisis factorial confirmatorio (AFC) para definir la cantidad de factores que explican a las variables observadas.

2.6. Desarrollo del modelo en IBM AMOS

Analizada la información y determinado el número de factores, se procede a elaborar un modelo de medida en AMOS, para ello se carga toda la información obtenida del SPSS y se establecen las correlaciones entre los distintos factores.

Se elige las siguientes propiedades de análisis para hacer correr el modelo:

- Método de discrepancia: Modelo de máximo verosimilitud
- Límite de modificación de índices: 20

Una vez verificado que los coeficientes de cada variable observada y latente se ajustan a los límites establecidos para este tipo de modelos, se procede a realizar el modelo estructural (reemplazar las flechas bidireccionales por flechas unidireccional) y se vuelve a correr el programa para verificar nuevamente los coeficientes obtenidos.

En este punto, se verificó nuevamente los coeficientes obtenidos, los cuales se ajustan a los valores preestablecidos por la bibliografía [14-17].

3. OBTENCIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS.

Del empleo de IBM SPSS se obtuvieron los siguientes resultados:

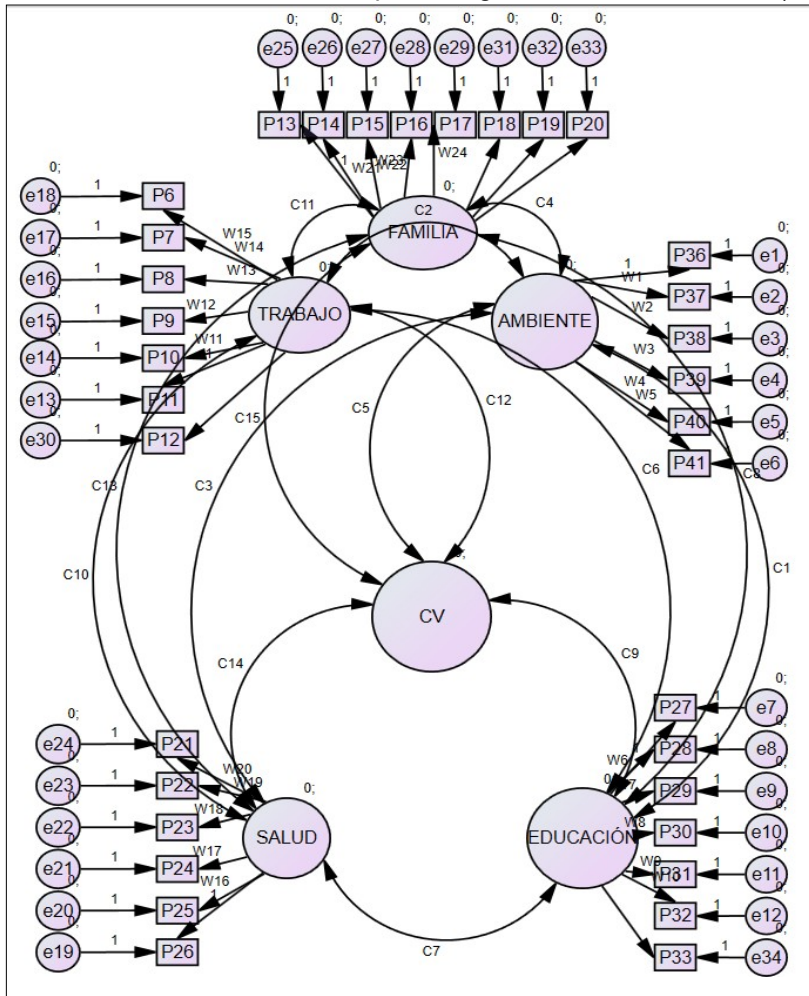
- Número de conjuntos de datos ingresados: 150

- Numero de variables analizadas: 34
 - Factores que describen a las variables observadas: 5.
- En la Tabla 1 se presentan el detalle de los factores y su descripción.

Tabla 2. Factores explicativos de SPSS

Factores	Descripción	Variables que explica
Factor 1	Salud	P1, P2, P3, P4, P5, P6
Factor 2	Educación	P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13
Factor 3	Trabajo	P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
Factor 4	Familia	P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28
Factor 5	Ambiente	P29, P30, P31, P32, P33, P34

Del software IBM AMOS, se obtuvo en primer lugar el modelo de medida (ver Figura 3). Del



cual se extrajeron los indicadores de validez, estos mostraron valores adecuados según los límites establecido en la bibliografía. Los mismos se encuentran resumidos en la Tabla 3 que se extrajo del software.

Figura 3. Modelo de medida de Calidad de Vida

Tabla 3. Indicadores de Validez del modelo de medida.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1572,755	--	--
DF	758,000	--	--
CMIN/DF	2,075	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,930	>0.95	Aceptable
SRMR	0,045	<0.08	Excelente
RMSEA	0,053	<0.06	Excelente
PClose	0,083	>0.05	Excelente

Donde:
 CMIN: valor del Chi-cuadrado.
 DF: grados de libertad.
 CMIN/DF: discrepancia mínima dividida los grados de libertad.
 CFI: índice de ajuste comparativo.
 SRMR: Raíz media al cuadrado residual estandarizada.
 RMSEA: Error cuadrático medio de aproximación.
 PClose: valor p.

Al representar el SEM, ver Figura 4, se determinaron los siguientes indicadores estadísticos que se resumen en la Tabla 3:

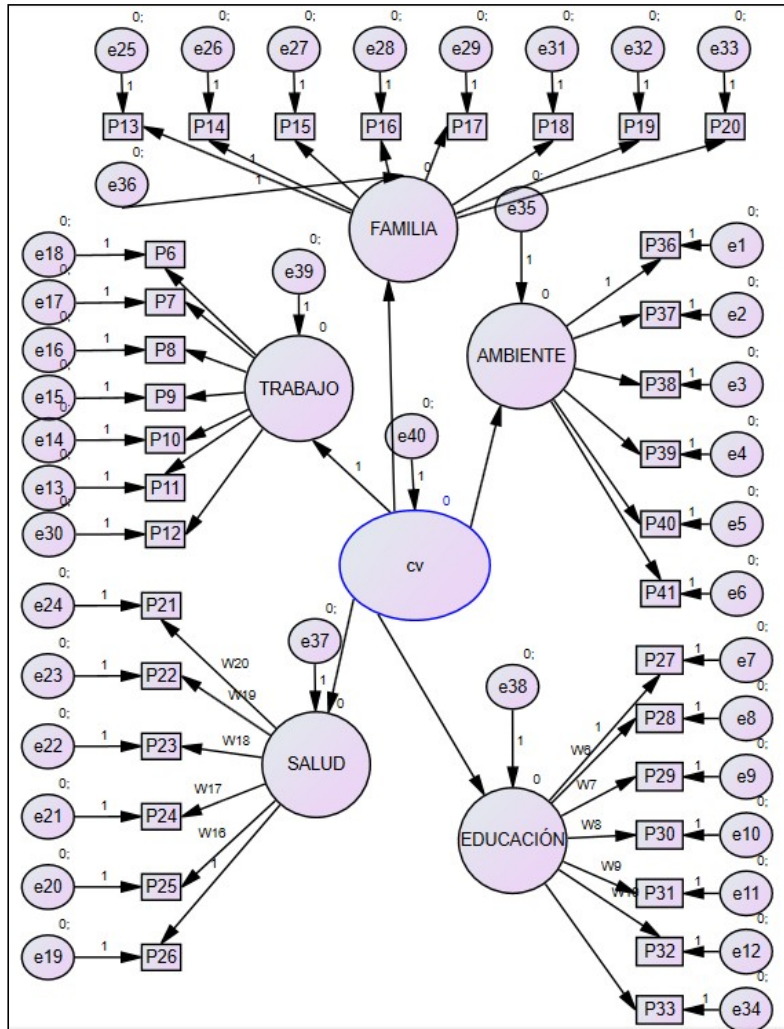


Figura 4. Modelo estructural de Calidad de Vida

Tabla 4. Indicadores de Validez del modelo estructural.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1472,755	--	--
DF	718,000	--	--
CMIN/DF	2,475	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,951	>0.95	Aceptable
SRMR	0,035	<0.08	Excelente
RMSEA	0,013	<0.06	Excelente
PClose	0,081	>0.05	Excelente

Con lo cual el modelo planteado se ajusta adecuadamente a la hipótesis planteada (la calidad de vida es función de los factores: Salud, Educación, Trabajo, Familia y Ambiente). Por último, la representación matemática de este modelo es:

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el modelo de calidad de vida para las comunidades que se encuentran en las cercanías de las mineras productoras de carbonato de litio, se ajusta adecuadamente desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, es necesario mencionar algunas acotaciones:

- La cantidad de variables analizadas surgen de la recopilación y selección de diferentes autores especialistas en el tema.
- El modelo indica que el factor correspondiente a Familia representa el de mayor influencia al momento de determinar la calidad de vida de una persona. En contraste con lo observado en la Figura 2, en donde la encuesta arroja que el factor con mayor nivel de relevancia es el Medio Ambiente.
- Sorprendentemente el factor Trabajo, constituye el segundo factor más importante. Superando a los factores de Salud y Educación, los cuales según otros autores representan los factores más influyentes.
- Se vuelve interesante evaluar este modelo con mayor cantidad de datos (más encuestas) y aplicarlos al resto de los habitantes que no fueron encuestados para corroborar los resultados obtenidos en esta investigación.
- Queda a futuro la aplicación de este modelo para comparar la calidad de vida antes de la llegada de las mineras; y así poder determinar en qué medida se modificó la calidad de vida de los habitantes de las comunidades.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado en este trabajo, de su análisis y discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones: 1) la presencia de las mineras en estas zonas favorece la calidad de vida de las personas desde el punto de vista del factor Familia, 2) se verifica una relación entre las variables y factores analizados, 3) el modelo diseñado puede emplearse para múltiples sectores de la sociedad, 4) la metodología aplicada se ajusta adecuadamente al tipo y cantidad de datos trabajados, 5) la Familia juega un papel fundamental para propiciar una mejor calidad de vida.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los miembros de las comunidades que participaron de las encuestas, a la Secretaria de Minería de Salta, al Ing. Daniel Blasco, a la Lic. Lourdes Decima, al Prof. Flavio Abán, a la Lic. Verónica Roldan y todos aquellos que intervinieron de forma desinteresada para permitir la participación en las mesas sociales y que se pudiese realizar la encuesta de una forma rápida y amena. Finalmente, también agradecer al Prof. León Bello Parias de Colombia quien colaboró en el análisis de la metodología aplicada.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] Castello, A y M. Kloster, (2015) *Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo*, CIECTI, CABA.

[2] Comisión Chilena de Cobre (COCHILCO). (2009) *“Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio”*. Disponible en: http://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF [Accedido el 5/05/2017].

[3] Conciencia Minera, (2013). *“El litio en Argentina”*. Disponible en: <http://www.concienciaminera.com.ar/2012/05/el-litio-en-argentina/> [Accedido el 2/11/2017].

[4] Diario El Tribuno, (2016). *“Construirán en Salta la planta de litio más grande del mundo”*. Argentina, disponible en: <http://www.tribuno.info/construiran-salta-la-planta-litio-mas-grande-del-mundo-n762319> [Accedido el 28/12/2018].

- [5] Diario El Tribuno. (2019). “El litio salteño llevará al país al segundo lugar de producción en el mundo”, disponible en: <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-2-5-0-0-0-el-litio-salteno-llevara-al-pais-al-segundo-lugar-de-produccion-en-el-mundo> [Accedido el 15/06/2019].
- [6] Diario digital Noticias Perfil (2019). “El litio cambia al noroeste, entre inversiones y alerta ambiental”. Disponible en: <https://noticias.perfil.com/2019/04/03/el-litio-cambia-al-noroeste-entre-inversiones-y-alerta-ambiental/> [Accedido el 28/07/2019].
- [7] Gobierno de la Provincia de Salta. “El Gobierno presentó el proyecto de ley de promoción de infraestructura minera”. Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/el-gobierno-presento-el-proyecto-de-ley-de-promocion-de-infraestructura-minera/65039> [Accedido el 28/07/2019].
- [8] Secretaria de Minería de Salta. (2019). “Resumen Carta departamental Los Andes”. Trabajo no publicado.
- [9] Gobierno de la Provincia de Salta (2015). “Mapa social de la provincia de Salta para la Cooperación internacional. Disponible en: <http://www.youblisher.com/p/1700682-Mapa-Social-de-la-Provincia-de-Salta-para-la-Cooperacion-Internacional-2015/> [Accedido el 28/07/2019].
- [10] Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urizar, Alejandra (2012). *Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto*. Sociedad Chilena de Psicología Clínica. Chile.
- [11] Campbell, Angus. (1981). *The sense of well-being in America*. McGraw-Hill, New York.
- [12] Meeberg, Glenda. (1993). *Quality of life: A concept analysis*. Journal of Advanced Nursing, 18, pp. 32 – 38.
- [13] Bogнар, Greg. (2005). The concept of quality of life. Social and Practice, 31, pp 561-580.
- [14] Cancino, et al., (2016). *Evaluación de un modelo de calidad de vida construido desde los datos*. Acta Colombiana de Psicología, 19(1), pp 297-309.
- [15] Hair, J. et al., (1999). *Análisis multivariante*. 5º Edición, Madrid, Prentice Hall Librería.
- [16] López, María Virginia. (2012). Tesis de Magister: “Modelo de Ecuaciones Estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bovina”. Universidad de Buenos Aires.
- [17] Bollen, Kenneth. (1989) *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- [18] Bartholomew, David et al., (2008) *Analysis of multivariate social science data*. 2nd ed. Chapman & Hall
- [19] Stage, Frances et al., (2004) Path analysis: An introduction and analysis of a decade of research. Journal of Education Research.
- [20] Mulaik S.A., (2009) *Foundations of factor analysis*. 2nd ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- [21] Loehlin John; Beaujean, Alexander (2017) *Latent variable models. An introduction to factor, path and structural equation analysis*. 5th ed. New York: Taylor & Francis.
- [22] Manzano Patiño, Abigail. (2017) *Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales*. Investigación en Educación Médica.

Evaluación de la Producción de Compost en dimensión industrial a partir de RSU domiciliarios en la ciudad de Ushuaia

Colloca, Cristina Beatriz^{1,2}; Rodriguez, Julio²; Gigirey Marta², Hoyos Elias²

¹Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, Universidad Nacional de Tierra del Fuego. FuegiaBasket 251, Ushuaia (9410), Prov. de Tierra del Fuego, A. e I. A. S.

²Extensión áulica Ushuaia. Facultad Regional de Tierra del Fuego. UTN ccolloca@untdf.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se buscó analizar la viabilidad de producción industrial de compost a partir del material orgánico de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), como una alternativa de valorización de los mismos y evitar su deposición en los basureros municipales.

Para ello se realizó un relevamiento de las características de los RSU y se estimó las cantidades de materia orgánica producidas por los habitantes de la ciudad de Ushuaia.

De los resultados obtenidos, el análisis de la producción de compost en otras regiones con clima similar y los datos de experimentos particulares de producción de compost en la ciudad, se estimó un valor aproximado para la producción anual de compost.

En base al estimado de compost que se podría producir anualmente se analizó el costo de producción y la probabilidad de mercado local existente para el producto.

Por las características geográficas del lugar donde el clima y el suelo no son óptimos para el agricultor que desea realizar cultivos de verduras y tubérculos, que a consecuencia debe realizarlo en invernaderos, es viable la producción de compost cumpliendo tres necesidades básicas: colaborar con las necesidades del agricultor para abonar y mejorar el suelo para la siembra, reducir el volumen de RSU en el basurero municipal y contribuir con la disminución de contaminación del medio ambiente.

Palabras clave: Residuos Sólidos Urbanos, Compost, explosión demográfica, condiciones climáticas

ABSTRACT

In the present work we sought to analyze the viability of industrial production of compost from the organic material of the Urban Solid Waste (RSU), as an alternative to valorize them and avoid their deposition in the municipal dumps.

For this, a survey of the characteristics of the RSU was made and the quantities of organic matter produced by the inhabitants of the city of Ushuaia were estimated. From the results obtained, the analysis of the production of compost in other regions with similar climate and the data of particular experiments of compost production in the city, an approximate value was estimated for the annual production of compost. Based on the estimated compost that could be produced annually, the cost and profit estimate will be made

Due to the geographical characteristics of the place where the climate and the soil are not optimal for the farmer who wishes to grow crops of vegetables and tubers, which as a consequence must be carried out in greenhouses, compost production is viable, fulfilling three basic needs: collaborate with the needs from the farmer to fertilize and improve the soil for planting, reduce the volume of MSW in the municipal landfill and contribute to the reduction of environmental pollution.

1- INTRODUCCIÓN

1.1-Producción de residuos en las ciudades

La producción de residuos que los habitantes de las ciudades, ha crecido exponencialmente en la historia de la humanidad.

La contaminación producida por los residuos que diariamente se producen y acumulan en las ciudades por las actividades industriales, comerciales, domiciliarias, etc. han llevado a los distintos gobiernos a buscar alternativas que permitan por un lado la revalorización de estos residuos, como así también desarrollo o aplicación de tecnologías que reduzca la cantidad final que necesita ir a disposición final.



Figura 1 Basurales actuales

El Banco Mundial en su informe de 2018 (*What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*) [1] informa la generación de residuos en las distintas regiones del planeta.

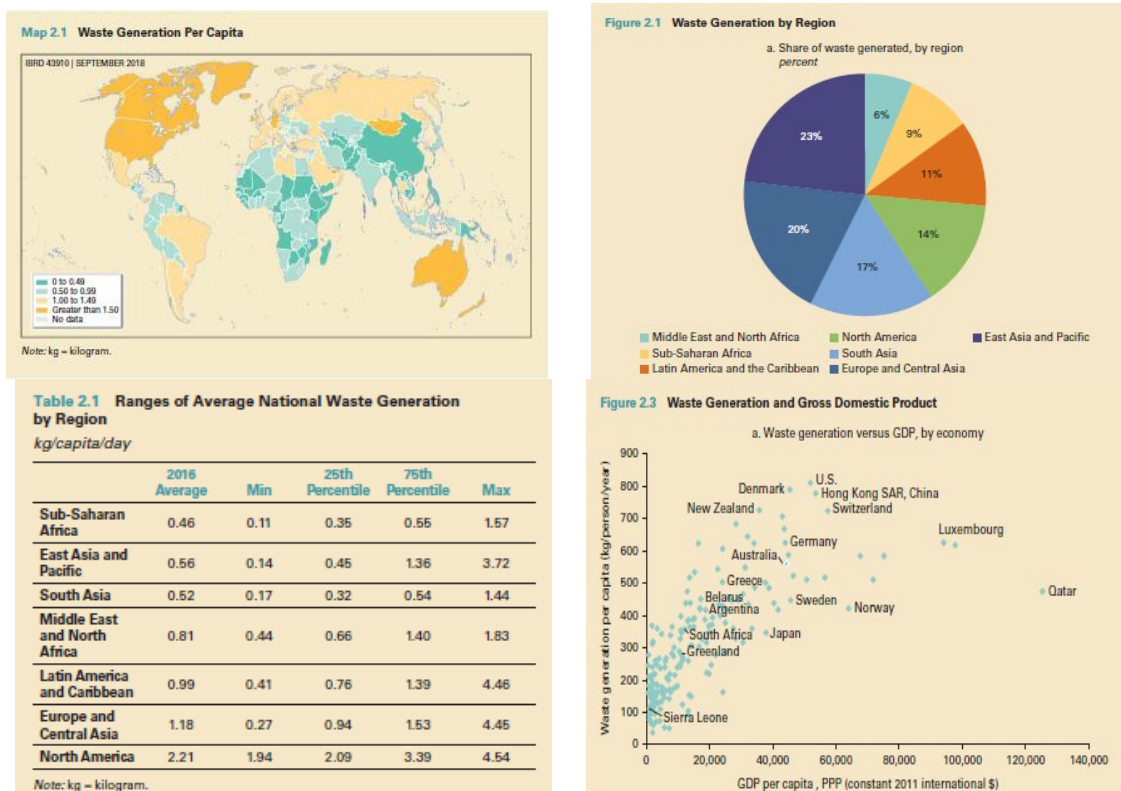


Figura 2 Estadística de la generación de residuos en el mundo

Además, informa que para 2050, si no media un programa de gestión de residuos, estos sufrirán un aumento del 70% considerando los valores actuales.

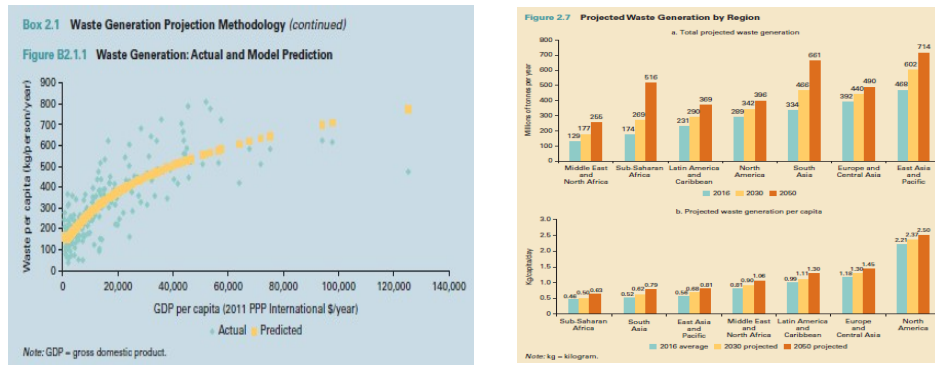


Figura 3 Proyección de la producción de Basura

La mala gestión de los desechos está perjudicando la salud humana y los entornos locales, agravando al mismo tiempo que favorece la producción de contaminantes que aceleran los problemas asociados al cambio que se sufre en el clima.

Contaminantes que al ingresar en la cadena trófica por acción de distintos vectores o por acción de procesos naturales promueve la dispersión de patologías que afectan a las poblaciones ubicadas en proximidades a vertederos o basurales mal gestionados

Tabla 1 Datos de enfermedades asociadas a la mala disposición de residuales sólidos y líquidos [2]

Enfermedades asociadas	N° de casos	%
Ira	20226	8,6
Parasitismo intestinal	5150	2,2
Diarrea	2677	1,1
Dengue	709	0,3
Malaria	333	0,1

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que más de tres millones de menores de 5 años mueren a nivel mundial debido a afecciones vinculadas con el medio ambiente. La OMS sostiene que el 30% de las enfermedades infantiles son producto de la contaminación ambiental, ubicando a los vertederos como el tercer factor de riesgo.

La Tabla 2 muestras varios vectores relacionados con enfermedades pueden encontrar un habitat adecuado en vertederos o basurales [3].

Tabla 2: Principales enfermedades sus vectores y formas de transmisión

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Mordisco, orina y heces Pulgas	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amibiasis Disenteria Giardiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	Malaria Leishmaniasis Fiebre amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) Heces	Fiebre tifoidea Cólera Giardiasis
Aves	Heces	Toxoplasmosis

1.2- Situación de la producción y recolección de RSU en Ushuaia

La ciudad de Ushuaia está emplazada en la costa Sur de la Isla de Tierra de Fuego. Ubicada en un valle cordillerano, rodeada de la parte Sur del cordón de los Andes, es una ciudad que desde su inicio fomentó la actividad del turismo.

Sus nieves eternas en otros años fomentaba los deportes de invierno. Actualmente y concordancia con el aumento de la población y los problemas de calentamiento global han llevado a que la característica de nieves eternas durante todo el año allá cambiando, pero no así la maravilla de sus sitios.

Todo el año la ciudad de Ushuaia recibe una gran cantidad de turistas. Durante los meses de primavera-verano mencionados turistas acceden a la ciudad por diferentes medios (aéreos, terrestres, marítimos), en los meses de otoño-invierno prevalece el aéreo disminuyendo considerablemente el resto de los medios.

Este flujo constante de turistas hace que la producción de residuos asociados a las actividades de restauran, hotel y otras aumente considerablemente. Durante los meses de arribo de cruceros, se adicionan los residuos producidos en los mismos durante su viaje hasta Ushuaia, como así también los producidos durante su travesía Ushuaia-Antártida-Ushuaia.



Figura 4 (a) Paisaje invernal de Ushuaia, (b) Paisaje estival de Ushuaia

En las últimas décadas la ciudad de Ushuaia se ha expandido demográficamente con la migración de personas desde otros puntos de la Argentina, como así también de países extranjeros.



Figura 5 Imagen satelital de Ushuaia

A expandido sus actividades favoreciendo la radicación de fábricas electrónicas que se desarrollan ampliando sus productos. Esto llevó a la producción de residuos característicos de la actividad electrónica, como así también residuos asimilables a Residuos domiciliarios a partir de sus oficinas y comedores.



Figura 6 Industrias electrónicas de Ushuaia

El aumento de la población ha llevado a la tala del bosque y la ubicación de viviendas en distintas zonas de la ciudad. Esto ha producido una extensión de la zona de urbanización y con el correspondiente aumento la producción de residuos domiciliarios.

La municipalidad terceriza la recolección de residuos producidos en la ciudad. La empresa privada tiene un cronograma diario de recolección diaria en todos los barrios de la ciudad, sin existir una conducta cultural de selección en origen de los mismos. Los residuos son compactados en los camiones y sin ninguna tarea de selección son depositados en el vertedero a cielo abierto (vertedero municipal) que se ubica a unos 10 Km de la zona céntrica de la ciudad.

Por otro lado, todos los residuos de poda, del cuidado de los espacios de recreo, la parquización de zonas para embellecer la ciudad, el arreglo de los jardines, tala, construcción, electrodomésticos, etc., son recolectados semanalmente y denominados como residuos voluminosos siendo depositados en el mismo vertedero.



Figura 7 Imagen de sistema de recolección de Tierra del Fuego

La recolección y disposición final de residuos patógenos o peligrosos están a cargo de dos empresas privadas. Los procesos de tratamiento que usan las mismas son la esterilización por autoclave y pirolisis. Los residuos así tratados o sus restos son depositados en el vertedero municipal.



Figura 8 (a) Imagen de basural de Ushuaia. (b) Planta de incineración de Residuos

El crecimiento demográfico que ha sufrido la ciudad de Ushuaia ha llevado a que el vertedero municipal quede ubicado a poca distancia de las zonas urbanizadas.

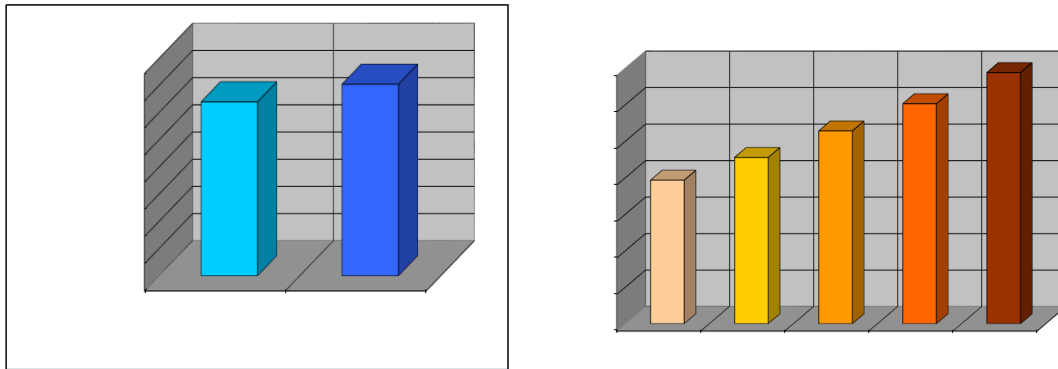
Desde 2005, en toda la Argentina, fue implementada la **Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)**, la cual cuenta con un horizonte temporal de veinte años (2005-2025). Esta estrategia posee distintas fases de corto, mediano y largo plazo que se basan en criterios de integridad (Reducción en origen, Segregación Domiciliaria, Recolección y transporte, transferencia y regionalización, procesamiento -reciclado de inorgánicos, compostaje de orgánico y otros-, y Centros de Disposición Final (CDF)).

Los informes del seguimiento de la ENGIRSU de 2012, muestra la situación en la cual se encuentra la ciudad de Ushuaia.

La situación vigente deriva en un panorama heterogéneo en el que conviven basurales a cielo abierto, rellenos sanitarios próximos a agotarse, escasas y aisladas iniciativas de recuperación y reciclado de residuos.

En la Gráfica 1 se expone la generación diaria para 2005 y 2010 y la proyectada para 2015, 2020, 2025 y 2030 para la provincia de Tierra del Fuego, trabajo realizado por el ENGIRSU en la Fase 2 del proyecto de Estrategias para la gestión Nacional de Residuos Sólidos Urbanos. Dicha Fase comprende una revisión de datos para el periodo 2007/2010 y actualización a 2012. La fase 3 del proyecto que es revisión y actualización según requerimientos comprende el periodo 2015-2025.

Gráfica 1 Generación de residuos diaria y anual total para Tierra del Fuego [4]



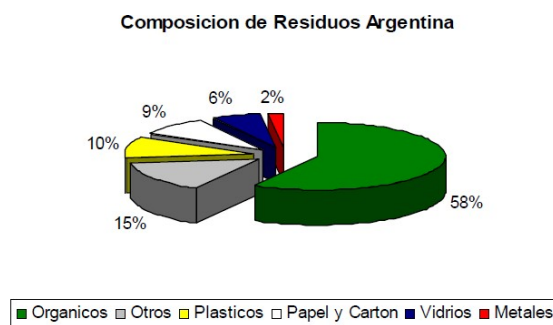
Si bien la GPC es un valor que varía en función de factores económicos se puede considerar para este tipo de análisis un número fijo promedio para proyectar la generación futura. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la GPC incluye los residuos generados por el servicio de barrido y limpieza de calles y sumideros.

Si bien, no se ha realizado un estudio sistemático de la composición física de los residuos producidos en Argentina y que se ha determinado que tiene una vinculación con los factores socio-económicos, la ENGIRSU ha realizado una estimación porcentual de los RSU producidos en Argentina

1.3- Revalorización de los residuos

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina, en su plan estratégico de 2005 para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos (ENGIRSU) establece la importancia de implementar programas que permitan el tratamiento integral de los RSU.

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación estableció, a partir de datos que relevo, que la composición de los RSU de Argentina son los que se muestra en la siguiente figura



Fuente. Dirección de Calidad Ambiental, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio Salud y Ambiente.

Figura 10 Esquema de composición de Residuos en la Argentina según la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio Salud y Ambiente

El plan de las GIRSU impulsa la separación de los componentes de los RSU con el objetivo de valorizar los mismos por medio de diversas tecnologías. Para el caso que nos interesa, la fracción orgánica tenemos los siguientes datos

Tabla 3 Tecnologías aplicables para la revalorización de los Residuos Orgánicos no peligrosos

Tipo de Residuo	Tiempo de degradación	Tecnología
Residuos Orgánicos No Peligrosos	variado	Compostaje, Lombricultura, Combustión, Digestión Anaeróbica Alimentación Animal, Lecho Hidropónico, Fermentación Alcohólica, Gasificación, Pirolysis

El compostaje es un proceso de fermentación aeróbico que permite la degradación parcial de la materia orgánica provocándose su humificación.

Durante dicho proceso ocurren varias reacciones que producen un aumento en la temperatura como así también variaciones de otros parámetros físico-químicos, esto lleva a que exista:

- Destrucción o reducción de los microorganismos patógenos.
- Inhibición de la capacidad germinativa de las semillas presentes en los residuos.
- Reducción de olores en el producto final, por la estabilización de la materia orgánica.
- Reducción del volumen y masa de la materia original debido a la reducción del contenido de agua y a la pérdida de materia seca, principalmente en forma de CO₂.
- Estabilización y homogeneización de la materia orgánica, permitiendo su uso agrícola o en jardinería.

En el proceso de compostaje se pueden observar cuatro fases durante las cuales es importante controlar los parámetros que afectan el crecimiento y reproducción de los microorganismos que actúan en el mismo.

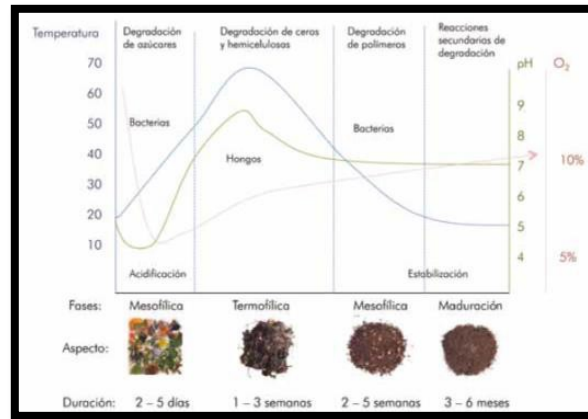


Figura 11 *Etapas del proceso de compostaje*

Los factores a controlar durante el proceso son: pH, temperatura, aireación (oxígeno), humedad del sustrato y la relación C/N.

1.4- Compostaje, revalorización de RSU

El proceso de compostaje se difunde y práctica, generalmente, con mayor aceptación en ciudades pequeñas. En nuestro país las tres áreas metropolitanas más grandes han puesto en funcionamiento instalaciones que permiten la producción de compost.

El 15% de las ciudades pequeñas (entre 2000 y 10000 habitantes) tienen implementado sistemas de recolección selectiva y plantas de recuperación para el reciclado y producción de compost.

En 2007 la Municipalidad de Ushuaia presenta el programa de Ushuaia recicla que busca concientizar a la comunidad en la separación en origen y el reciclado de los residuos.



Figura 12 *Recolección de vidrio, PET*

Por medio de este programa se fomenta la participación de la población en una separación en origen y el compromiso de la comunidad en una ciudad que cuida su medio ambiente. Ushuaia Recicla desarrolla capacitaciones en las escuelas.



Figura 13 Capacitación escolar

Se desarrollan proyectos en los cuales se reutilizan ciertos residuos como el PET y el vidrio



Figura 14 (a) Reutilización del vidrio recolectado y triturado como material de relleno en los fogones municipales, (b) Árbol de Navidad con botellas PET

Además del compromiso y concientización que generó Ushuaia recicla, una parte de los vecinos generan sus compost en rudimentarias composteras domiciliarias de pequeño volumen para ser utilizado en sus jardines.

1.5- Tecnologías para la producción de compost

En la práctica se diferencia tres sistemas que pueden ser utilizados en la producción de compost

- a) *Sistema abierto*
 Son de bajo costo y tecnología simple, requiere disponer de terrenos distantes a las urbanizaciones. Se aplican a comunidades medianas (menores a 80000 habitantes). Tienen complicaciones en zonas lluviosas debido al control de la humedad, lo cual hace necesario acondicionar para evitar que el agua de lluvia y la humedad ambiental altere las condiciones de compostaje.
- b) *Sistema cerrado*
 Este sistema permite que el mismo sea ubicado relativamente cercano de las urbanizaciones. Poseen menos impacto ambiental por olores que el sistema abierto. El espacio requerido para el compostaje se ve marcadamente reducido. Permite un control más eficiente de los parámetros del proceso y una perfecta higienización del producto obtenido.
- c) *Sistema semicerrado*
 Este sistema es una combinación de ambos sistemas. Está diseñado para poblaciones medianas o grandes, pudiendo ser ubicado en las cercanías de las urbanizaciones. Este sistema tiene las ventajas de ambos sistemas.



(a) (b) (c)

Figura 15 Sistemas de compostaje : (a) Sistema abierto, (b) Sistema cerrado, (c) sistema semicerrado

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo general

Evaluar la viabilidad de producción de compost en forma industrial a partir de la materia orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y los Residuos de poda.

2.2- Objetivos particulares

- Definir las características de los RSU producidos en la ciudad de Ushuaia.
- Construir un instrumento para estimar los porcentajes de materia orgánica en los RSU.
- Construir un instrumento para estimar los residuos producidos en la poda y limpieza de espacios verdes.
- Generar estrategias para realizar compost en las condiciones climáticas imperantes en la ciudad de Ushuaia.
- Estudiar el destino del compost en relación a las actividades que se desarrollan localmente.
- Evaluar los costos de producción.

3- Metodología de trabajo

Durante años no han existido políticas que evalúen la producción de RSU en la ciudad de Ushuaia, esto ha llevado a que en la actualidad no existan registros que permitan evaluar las condiciones. Reconociendo la importancia de constar con por lo menos un dato estimativo, el área de ambiente de la Municipalidad de Ushuaia trabaja con datos de estimación basado en los sistemas de recolección.

Tomando en cuenta los valores actualizados indicados por dicha área y la estimación porcentual de materia orgánica de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se realizaron los cálculos estimativos de materia prima disponible para la producción de compost.

Como dato adicional que nos permitirá comparar con los estimados de producción de RSU se realizaron encuestas *on line* para estimar la producción de residuos en los domicilios.

En dicha encuesta no sólo se buscó estimar la producción de RSU domiciliaria sino también investigar sobre el conocimiento que se posee tanto en lo que es el reciclado y revalorización de residuos, como sí también sobre conocimiento de la población sobre el sistema de recolección de residuos que existe en Ushuaia.

Se evaluaron casos puntuales de producción de compost en forma piloto llevados a cabo en otras épocas en distintos sitios de la Isla de Tierra del Fuego, en los relatos de los actores.

Para establecer cuál es el sistema que se considera más adecuado para la producción de compost en forma industrial se analizaron los datos de distribución urbana, reservas protegidas, datos del clima, población estimada, actividades principales de Ushuaia.

Teniendo en cuenta los puntos críticos del proceso de producción se estableció la factibilidad a corto, mediano o largo plazo de una masa crítica de compost que permitiera una rentabilidad en la producción de este producto.

4- Datos relevados

4.1- Ubicación geográfica de Ushuaia

Ushuaia es la única ciudad trasandina de la Argentina. Es considerada la más austral del mundo. Se encuentra ubicada a orillas del canal Beagle en la margen sur-oeste de la Isla de Tierra del Fuego (54°48'30"S 68°18'30"O), a 6 msnm, emplazada sobre la bahía de Ushuaia. Los Andes Fueguinos rodean a la ciudad. La urbanización de Ushuaia ha ido adaptándose a la geografía de la región y extendiéndose en los bosques cordilleranos.



Figura 16 Imagen satelital de Ushuaia obtenida de Google Earth

No ha tenido una urbanización planificada, sino que ha sido causa de la migración de habitantes de las provincias Argentina como así también habitantes de países latino americanos (Chile, Bolivia, Perú, Venezuela) ha ido creciendo en forma desordenada.



Figura 17 Imagen de crecimiento de la ciudad de Ushuaia

Según el censo de 2010 [5] la población de la ciudad alcanzaba a 56.825 habitantes censados. La población tiene variaciones de acuerdo a la actividad industrial que posee la misma. Ushuaia en una ciudad posee al turismo como actividad económica que culturalmente se ha explotado. Durante la época invernal sus complejos de esquí están completo de viajeros que eligen a Ushuaia por sus paisajes y lo prístino de la zona. En verano, el puerto Ushuaia se convierte en la puerta a la Antártida. Cruceros del mundo llegan a Ushuaia para realizar su reabastecimiento. Durante horas los viajeros recorren los restaurants de Ushuaia disfrutando de las delicias gastronómicas. Durante la época estival el flujo de viajeros que llegan vía aérea o terrestre a Ushuaia también es importante. Estos movimientos de visitantes son importantes en lo que es estimar los valores de RSU producidos como fuente de materia prima para la producción de compost se debe considerar la producida en las temporadas de turismo.

4.2- Condiciones climáticas anuales de Ushuaia

La ciudad de Ushuaia fue considerada en otras épocas la ciudad de las nieves eternas. Los paisajes de nieve eran comunes en todos los meses del año. Con el cambio climático que sufre el planeta esto fue variando y si bien comúnmente sus temperaturas no superan las 15 °C, en los últimos años se han observado en época estival días con temperatura cercanas a los 30 °C, algo a lo cual sus habitantes no están acostumbrados. Acompañando los cambios climáticos se ha observado un aumento en la cantidad de lluvias que habitualmente se observaban en las épocas estivales. Sus inviernos también han ido cambiando y si bien existen episodios de tormentas de nieve, esta no es la de otras épocas, según indican los nacidos en Ushuaia.

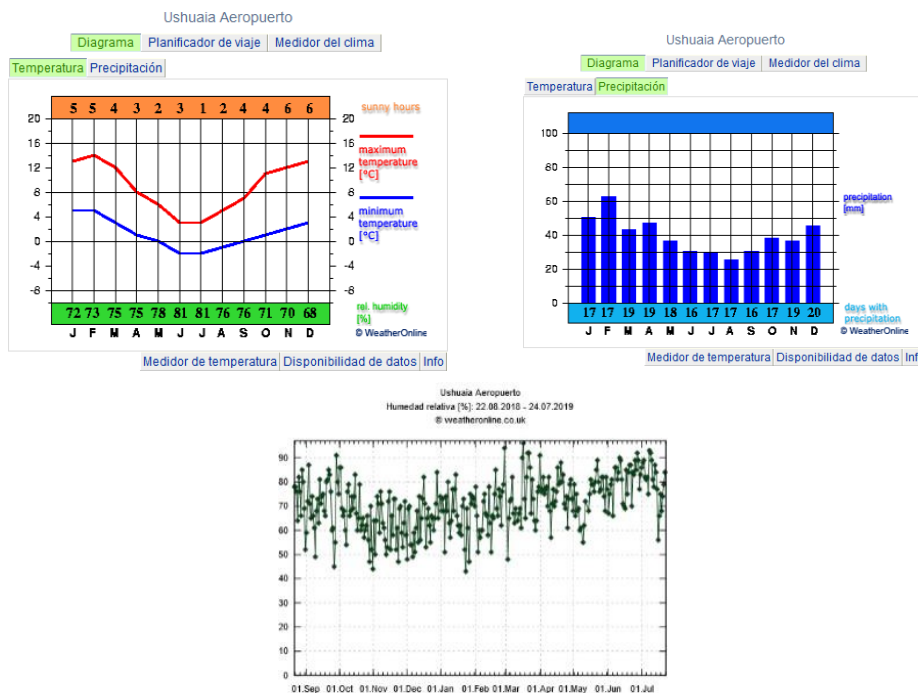


Figura 18 Gráficas de temperaturas, precipitación y humedad [6,7]

4.3- Estadística de producción de RSU

Las estadísticas usadas hasta el momento son las proveídas por el área de Medio Ambiente de la Municipalidad, quienes en base a los servicios de recolección han estimado la producción de RSU anuales para la ciudad de Ushuaia.

Tabla 4 *Estimación de producción de RSU en la ciudad de Ushuaia*

Servicio	Frecuencia	Cantidad recorridos diarios	de	Promedio semanal (Kg)	Promedio Anual (kg)
Recolección domiciliaria diurna + contenedores	6 (lunes a sábado)	7		220500	11377800
Recolección domiciliaria nocturna	6 (domingo a viernes)	5		157500	8127000
Gastronómicos	7 (lunes a domingo)	1		29000	1496400
Voluminosos Estivales	6 (lunes a sábado)	3		21702	5599911,6
Voluminosos Invernal	6 (lunes a sábado)	3		10584	273067,2
Total aproximado anualmente (Kg)					21834178,8
Total aproximado anualmente (Tn)					21834,1788

Teniendo en cuenta esta estimación y los datos de porcentaje de materia orgánica establecida por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina para los RSU producidos en Argentina se ha estimado que anualmente se producen en la ciudad.

Para esto se hizo discriminación entre los valores de residuos recolectados diariamente de los barrios que se consideran compuestos de mezclas de distintos tipos de RSU y los valores de gastronómicos que se establece como residuos constituidos por materia orgánica.

Por otro lado, se estimó los residuos de poda, teniendo en cuenta que estos son producidos en época estival y que en la ciudad de Ushuaia son recolectados a través del sistema de voluminosos. El servicio de voluminosos se encarga de retirar de las casas todo aquello que sea producto de la poda, corta de césped, residuos de equipos eléctricos o electrónicos, residuos de construcción, cartón, etc.

Teniendo en cuenta lo expresado en el párrafo anterior y que en invierno no se realiza poda, ni corte de césped, se estima que el valor estival de poda debe ser aproximadamente el 50% del indicado.

Tabla 5 *Estimación de producción de Residuos de Materia Orgánica en la ciudad de Ushuaia*

Tipo de residuo	Promedio Anual (Tn)
Materia orgánica	12809,184
Materia vegetal	2799,9558

4.3- Puntos relevantes del proceso**4.3.1- Separación de la materia orgánica a partir de los RSU**

La separación de la materia orgánica puede ser realizada en origen o en una planta de tratamiento. La mayoría de las familias que componen la comunidad de Ushuaia tiene conciencia de la importancia del cuidado del ambiente y la preservación de su estado natural.

Desde la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad constantemente se vienen realizando campañas de concientización a nivel general y en establecimientos educativos en post del cuidado del ambiente y trabajar en una ciudad sustentable.

Teniendo en cuenta que es viable la separación en origen es que consideramos como viable esta alternativa para la obtención de la materia orgánica requerida para la producción de compost.

Existe en la actualidad establecimientos educativos que realiza la separación de residuos en origen, tanto para ir educando a sus alumnos como así también para producir compost en pequeñas cantidades en composteras producidas por los mismos establecimientos.

Esta conducta de producción de compost se puede observar también en algunas familias que producen compost en forma privada para sus jardines.

4.3.2- Obtención de restos de poda libre de materia fecal de animales domésticos

Una de las particularidades de la ciudad de Ushuaia es que las podas y cortes de césped de las casas se realizan sólo en época estival, ya que en la época invernal se encuentra todo congelado o bajo nieve.

La producción de residuos de poda se restringe al crecimiento del pasto en época estival. Época en la cual el corte de pasto es la producción mayor de residuos de este tipo y que generalmente se puede estimar un corte cada 15 días. La producción por poda de árboles de la ciudad es más reducida ya que no es algo tan habitual.

4.3.3- Relación de materia orgánica a residuos de poda

En la producción de compost se ha establecido que en época invernal la relación de materia orgánica a vegetal es de tres partes a una, mientras que en época estival donde la basura doméstica contiene mayor contenido de líquidos ésta relación es de dos partes de materia orgánica a una de vegetal. Teniendo en cuenta que los datos de recolección de Residuos Urbanos anuales y de poda de la época estival, se observa que la relación de Materia orgánica a materia vegetal es muy superior a la requerida habitualmente para la producción de compost.

A consecuencia se advierte que es necesaria la búsqueda de residuos vegetales en el bosque para poder llegar a la relación adecuada.

5- CONCLUSIONES PARCIALES

El presente proyecto intenta establecer la factibilidad de producción de compost a escala industrial que permita la transformación de la materia orgánica de los RSU en compost para ser utilizados como fertilizante terrestre.

Actualmente todavía nos quedan por evaluar los datos económicos y de producción de compost, pero consideramos que teniendo en cuenta las posibilidades de diseño, las características climáticas y las experiencias previas realizadas es adecuado la producción de compost en establecimientos cerrados, tipo invernaderos, donde se pueda establecer un control adecuado de la temperatura externa y humedad, evitando que las pilas de producción de compost se encuentren bajo las nevadas o heladas, como así también las lluvias intensas que se desarrollan en los últimos años. Este tipo de establecimientos ya existen en otros países y permiten la producción a escala, evitando el acopio excesivo de residuo en los basurales.

6- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank. Washington, DC 20433. <https://olc.worldbank.org/system/files/What%20a%20Waste%202.0%20Overview.pdf>. Último acceso 20/9/2019.
- [2] MSc. Elieser Escalona Guerra. 2014. "Health damage due to poor disposal of solid and liquid wastes in Dili, Timor Leste". Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 52(2):270-277. Cuba. SciELO Cuba. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n2/hig11214.pdf>. Último acceso 20/9/2019
- [3] Gloria Plaza, Omar Zapata. 2011 "Residuos y Salud: Tartagal – Salta". Rev. Cienc. Tecnol. Año 13, Nº 1635-43. Universidad Nacional de Misiones Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Misiones. Argentina.
- [4] Argentina.gob.ar. Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU). Planilla Excel de Evaluación de la situación de la ENGIRSU, año 2012- Tierra del Fuego. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/preservacion-control/gestionresiduos/estrategianacional#fn:1>. Último acceso 18/9/2019.
- [5] Info de Ushuaia. Resultados del Censo Ushuaia 2010. Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico sur. <http://www.infodeushuaia.com/Informacion-Turistica/Resultados-del-Censo-Ushuaia-2010.-Tierra-del-Fuego-Antartida-e-Islas-del-Atlantico-sur>. Último acceso 18/9/2019.
- [6] Servicio Meteorológico Nacional. Estadística Climáticas. Ushuaia, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>. Último acceso 20/9/2019.
- [7] WeatherOnline. Archivo. Temperaturas y Precipitaciones. Suramérica. Argentina. Ushuaia. Aeropuerto. Humedad relativa. <https://www.woespana.es/weather/maps/city>. Último acceso 20/9/2019.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las personas que trabajan en Gestión Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente Municipalidad de Ushuaia.

Simulación basada en dinámica de sistemas para la evaluación de sistemas de gestión de envases usados

Martino, Leonel, Allende, David, Valvano, Guillermo*

*Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.
Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A.
leonel_martino@yahoo.com*

RESUMEN.

La reducción y minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) continúa siendo un problema muy relevante en Argentina, dada la gran proporción de éstos que terminan dispuestos en rellenos sanitarios. Distintas experiencias han mostrado que existe una probabilidad muy grande de incrementar las tasas de recuperación de materiales reciclables por medio de la introducción de un Sistema de Depósito Devolución y Retorno (SDDR), el cual implica un pago extra por un producto, el cual es devuelto luego de retornar la unidad de envase vacío. Este sistema ha sido muy utilizado para diferentes botellas de PET, aunque también para vidrio y latas de aluminio.

En el presente trabajo se propone el análisis por medio de la Dinámica de Sistemas (DS) para evaluar la factibilidad técnica, las necesidades de infraestructura y logística y los aspectos económicos de la implementación de un SDDR para envases usados en Argentina. Para ello se empleó el software de simulación Vensim PLE en la construcción del SDDR, consistente en dos subsistemas: a) un subsistema de generación de residuos y reciclaje que involucra stocks de envases en las fábricas de bebidas, depósitos de envases, comercios y consumidores, alimentando un ciclo constituido por envases consumidos, reciclados y devueltos a depósitos o plantas de remanufactura; y b) un subsistema de costos de gestión de residuos y determinación del costo-beneficio total de la implementación del SDDR y sus posibles efectos en el nivel de consumo.

El modelo propuesto permite evaluar, entre otros, el impacto de diferentes medidas de gestión en el tamaño final de instalaciones de reciclado, las variaciones en las tasas de reciclaje, los índices de desviación de vertedero, el valor óptimo del pago extra por envase para maximizar el beneficio neto del sistema de gestión y el rol de las actitudes de los consumidores sobre la recuperación de envases.

Palabras Claves: dinámica de sistemas, reciclado, envases, SDDR, residuos sólidos urbanos

ABSTRACT

Municipal solid waste minimization practices are still a relevant issue in Argentina, since a great proportion of total waste generated is still disposed in sanitary landfills. Previous experiences have shown that recycling rates are improved by the implementation of Deposit-Refund schemes, a system that combines a tax on product consumption with a rebate when the product is returned for recycling. It is mostly implemented to collect and recycle beverage containers made of PET, but also glass or aluminum cans.

This research has applied the concept of system dynamics (SD) to evaluate the technical and economic feasibility and the logistic and infrastructure requirements for the establishment of a Deposit-Refund system for beverage containers in Argentina. In that sense, the Vensim PLE SD modeling software was used to simulate the Deposit-Refund system organized as: a) the waste generation and recycling subsystem, including beverage containers stocks in manufacturers, distributors, retailers and consumers, and identifying causal-loops with the waste generation, recycling and remanufacturing; and b) the waste management and economic benefit assessment subsystem, linking the implementation of Deposit-Refund system with the overall trends in beverage consumption.

The proposed model allows the evaluation of, among others, the impact of different waste management initiatives on the optimal sizing of recycling facilities, on the waste recycling rate and the waste diversion rate. Also, model simulations are useful to estimate the optimal system of fees and reimbursements for beverage containers, the amount of revenues to be collected and the possible consumer's attitude and behavior toward recycling when the system is implemented.

1. INTRODUCCIÓN

La reducción y minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) continúa siendo un problema muy relevante en Argentina, y en particular en el Conurbano Bonaerense, dada la gran proporción de RSU que terminan dispuestos en rellenos sanitarios [1]. Si bien la tasa de separación en origen de materiales reciclables ha ido en incremento, todavía en el año 2019 permanece muy baja, alrededor del 6% según estimaciones oficiales [2]. Más aún, la disposición inadecuada de residuos es preocupantemente alta (35,3% promedio en el país), tanto por la relación estrecha que existe entre salud pública y la gestión inapropiada de RSU, como por las implicancias económicas relacionadas con el uso de recursos.

La proliferación del uso de materiales plásticos, en combinación con un mal manejo de su vida útil ha contribuido a la contaminación persistente con éstos, ya que, desde los años 50, alrededor del 80% se han acumulado en el ambiente o en rellenos sanitarios [3]. En particular, los envases hechos con tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés) constituyen uno de los elementos reciclables más usados en el país gracias a sus cualidades físicas, químicas y económicas, pero el porcentaje de reciclado de este material respecto a su producción es muy bajo [3]. Si bien los avances tecnológicos en los procesos de fabricación a nivel mundial permiten obtener nuevos envases con un contenido de hasta 51% de R-PET, se estima que en la Argentina se producen y se descartan unas 200.000 toneladas anuales de envases de este material.

Distintas experiencias en varios países han mostrado que existe una probabilidad muy grande de incrementar las tasas de recuperación de materiales reciclables por medio de la introducción de un Sistema de Depósito Devolución y Retorno (SDDR). Este tipo de sistemas significa que existe un pago extra por un producto, el cual es devuelto luego de devolver la unidad de envase vacío. El ciclo del depósito tiene dos partes: la externa, entre consumo y comercio, y la interna, entre los envasadores, comercios y recuperadores. Este sistema ha sido muy utilizado para diferentes botellas de PET, aunque también vidrio y latas de aluminio. Para países desarrollados, los materiales de empaque involucrados en sistemas SDDR constituye en promedio un 19% del todo el desecho municipal. La clave de su eficacia radica en la respuesta de los ciudadanos y en su colaboración; al dejar un dinero de depósito, el usuario pasa a considerar el envase como un bien económico en vez de un desecho.

Existen varias ventajas al implementar este sistema, como la disminución de la cantidad de residuos que se disponen en rellenos sanitarios y la reducción del abandono de residuos (littering) [4], [5]. Varios tipos de SDDR se han aplicado en diferentes países y existen diversos estudios sobre las metas alcanzadas en reducción de residuos [6]–[8]. Asimismo, los aspectos económicos de la implementación de los SDDR han sido previamente analizados, incluyendo el análisis de costo-beneficio [4] y el impacto en los distribuidores y mecanismos de evaluación [7], [9]. Sin embargo, la situación en otros países no puede aplicarse directamente para el análisis en Argentina dado que la política de gestión de residuos, como aspectos sociales, económicos y ambientales son netamente diferentes.

Con el objeto de estimar la factibilidad técnica, las necesidades de infraestructura y logística y los aspectos económicos de la implementación de un SDDR para envases de PET en Argentina, en el presente trabajo se propone el análisis por medio de la Dinámica de Sistemas (DS) para evaluar la factibilidad técnica y económica de operación de dicho sistema. Forrester introdujo los modelos basados en DS para la comprensión de problemas dinámicos y han sido ampliamente considerados para estudios de gestión de residuos en la evaluación de procesos de producción y remanufactura y también para examinar la influencia de factores sociales, económicos y legales en estudios de recuperación de materiales [6].

En este estudio se utiliza la aproximación basada en DS para el análisis completo del sistema de gestión de envases, inicialmente para PET pero también aplicable para vidrio y aluminio, en el cual participan productores, fabricantes, vendedores, consumidores y recicladores.

2. EL MODELO BÁSICO DEL SISTEMA DE DEPÓSITO DEVOLUCIÓN Y RETORNO

2.1. El Sistema SDDR básico

Existen varias partes involucradas en el sistema SDDR (fabricantes, vendedores, mayoristas, minoristas, consumidores y otros) que hacen el sistema complejo debido a que cada participante posee diferentes necesidades e intereses. La implementación del SDDR solo puede ser óptima en el caso de que todos los involucrados estén económica y emocionalmente satisfechos para formar parte de este. La motivación básica del uso de este sistema es incrementar el nivel de recuperación de envases de PET: al introducir un valor monetario al costo del producto que debe ser pagado por los consumidores, se despierta su interés en devolver las botellas vacías con el objeto de recuperar su dinero. Los fabricantes participan en el mismo pagando el valor monetario por cada unidad de botella y si este valor es más alto que los costos de participación poseen un interés mayor para involucrarse. Los vendedores mayoristas y minoristas pueden usar el SDDR como herramienta de mercadeo para atraer nuevos clientes. Cuando éstos compran los productos envasados, pagan el depósito. Luego de que los consumidores deciden devolver los envases vacíos, éstos son

recolectados automáticamente por medio de máquinas automáticas, en las cuales los envases son segregados y almacenados hasta la recolección. Los envases limpios pueden ser reprocesados, ingresando otra vez al circuito o destinados a otros usos. En general, los envases recolectados no son utilizados directamente por el fabricante, sino que suele intervenir un agente intermedio que se dedica a la recolección, selección y venta del material.

Los consumidores pueden elegir eventualmente no devolver los envases, debido a diferentes motivos, entre los cuales podría mencionarse la falta de tiempo, interés o principalmente la cantidad insignificante que representa el valor del depósito comparada con el ingreso del consumidor.

Finalmente, un operador que administre el sistema es necesario para cubrir parte de los costos de operación e introducción del SDDR. Un esquema simplificado del sistema puede verse en la Figura 1.

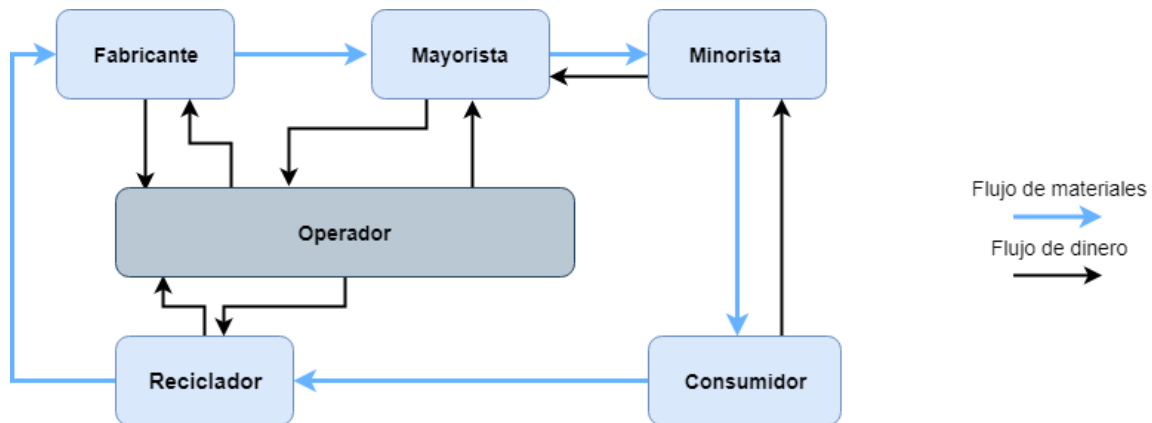


Figura 1 Esquema simplificado de los flujos del SDDR.

2.1. El Modelo propuesto: Dinámica de Sistemas (DS)

En este trabajo se utiliza la aproximación de dinámica de sistemas (DS) como método de simulación. La DS es una técnica de análisis que desde los años 60 ha asistido a investigadores para comprender el comportamiento dinámico de sistemas complejos [6]. En su libro, Forrester define SD como “el estudio de las características de información-retroalimentación de la actividad industrial, para mostrar cómo la estructura organizacional, amplificación (en políticas) y retrasos (en decisiones y acciones) interactúan para influenciar el éxito de un emprendimiento” [10].

Este marco de análisis se centra en el concepto de pensar en sistemas, pero es necesario considerar la construcción y prueba de un modelo de simulación computacional. La principal característica del método es la consideración del fenómeno a estudiar como un sistema complejo que cambia en el tiempo y la existencia distintos lazos de retroalimentación de información cerrados que deben formalizarse y visualizarse.

Los pasos sistemáticos en el modelo de DS utilizado para evaluar el SDDR son:

- I. Definición del problema y metas a alcanzar:
- II. Descripción dinámica del sistema con diagramas de flujo
- III. Formulación de la estructura del modelo y desarrollos de submodelos matemáticos que representan las interacciones
- IV. Recolección inicial de datos para la operación del sistema.
- V. Evaluación de las salidas del modelo y análisis.

2.1.1 Definición del problema y metas a alcanzar.

Construir una herramienta para la toma de decisiones que permita el diseño de diferentes escenarios para evaluar cómo la implementación de un sistema SDDR en una ciudad intermedia influye en las variaciones en las tasas de reciclaje, los índices de desviación de vertedero, el valor óptimo del pago extra por envase para maximizar el beneficio neto del sistema de gestión, el impacto de diferentes medidas de gestión de envases en el tamaño final de instalaciones de reciclado y el rol de las actitudes de los consumidores sobre la tasa de recuperación de PET.

2.1.2 Descripción dinámica del sistema con diagramas de flujo.

Se utilizó el software Vensim PLE en la construcción del SDDR consistente en dos subsistemas: a) producción, consumo, generación de PET como residuo y reciclaje y b) gestión de residuos y evaluación de beneficios económicos. Se trató de incluir el comportamiento de los actores involucrados, tratando de dejar el tamaño y complejidad del modelo final lo más pequeño posible. Se exploraron varios mecanismos para incluir la actitud de los consumidores, minoristas, mayoristas y fabricantes tratando de identificar las posibles variables que podrían influir en la implementación del sistema. Se eligió un horizonte de tiempo de 2 años con un salto de tiempo de 1 mes, considerando la disponibilidad de datos medidos en base mensual. Un detalle del modelo formulado en VENSIM puede verse en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

En DS se distinguen tres tipos de variables, en función de su propio cometido con el modelo. Estos son:

- Niveles (stocks) suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud. Son las variables de estado del sistema, en cuanto que los valores que toman determinan la situación en la que se encuentra el mismo. En el modelo planteado existen niveles para el material PET en todo su ciclo, desde que forma parte de la botella hasta el PET listo para reciclar y también para el dinero que comienza como depósito o los inputs de dinero que implican los costos asociados a la gestión del SDDR.
- Los flujos expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles. El flujo alimenta o reduce el nivel. En tal sentido, el movimiento de PET y dinero a través de fabricantes, mayoristas, minoristas, consumidores y operador van provocando cambios en los estados de los niveles involucrados.
- Las variables auxiliares son variables de ayuda en el modelo. Su papel auxiliar consiste en colaborar en la definición de las variables de flujo y en documentar el modelo haciéndolo más comprensible. Existen un gran número de variables de este tipo que van desde tasas asociadas a la venta y consumo de botellas de PET, hasta variables más descriptivas como la influencia del valor del depósito en las ventas totales de bebidas de consumo. Además de las variables reseñadas, en el modelo hay también parámetros, o sea, variables que se mantienen constantes durante todo el horizonte temporal de ejecución del modelo.

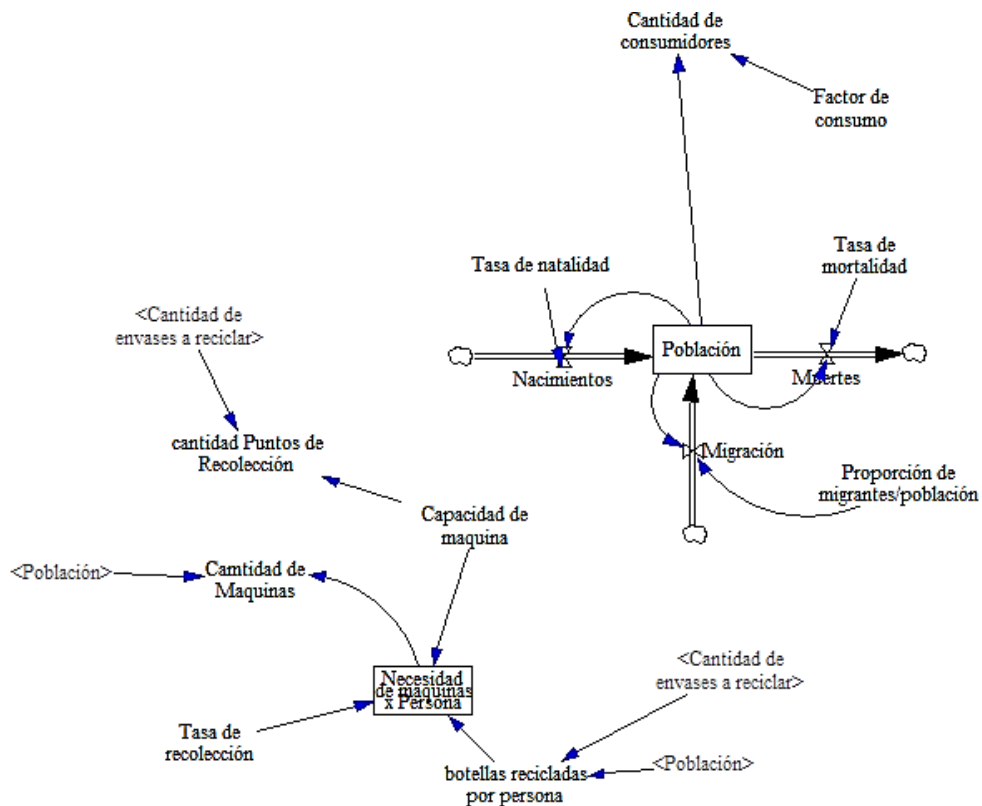


Figura 2. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Modelo de población-consumidores de PET y puntos de recolección de envases.

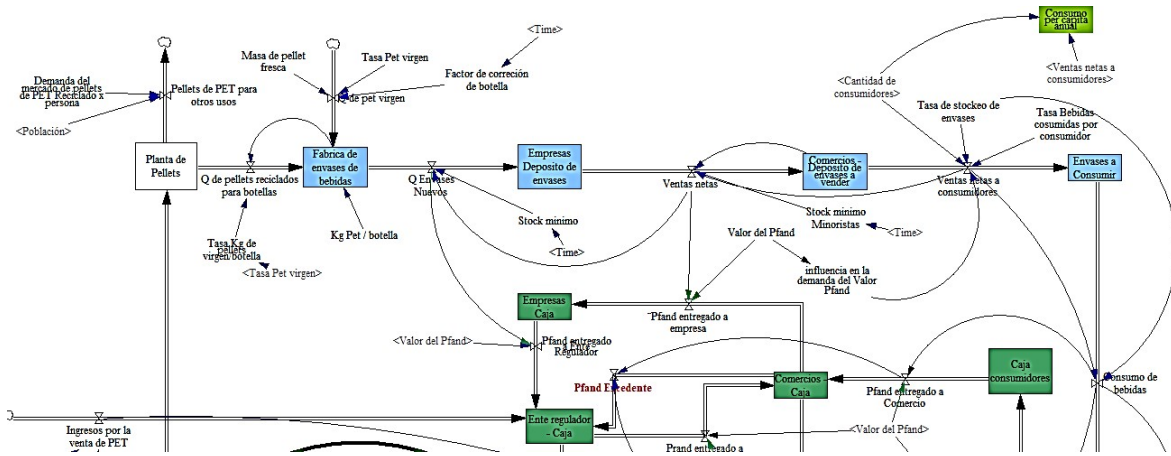


Figura 3. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Detalle del flujo de envases de PET, desde su fabricación hasta su consumo.

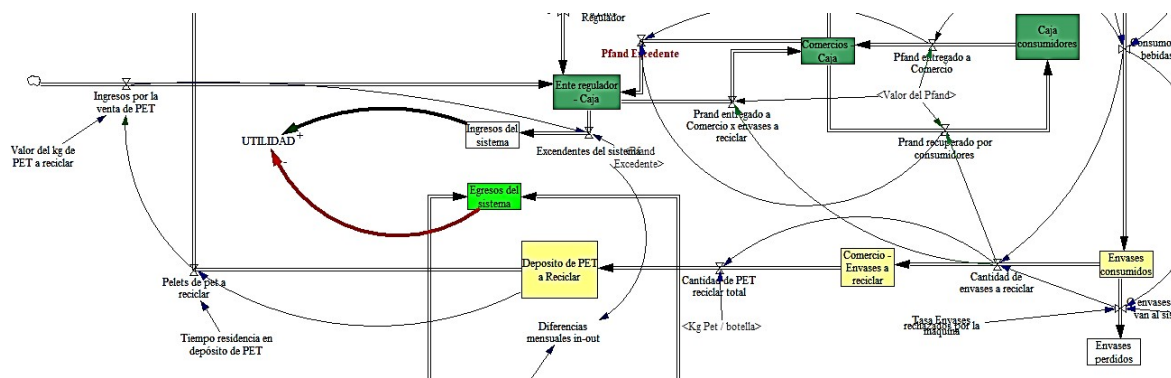


Figura 3. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Detalle del flujo de dinero generado por el pago de depósitos en el SDDR.

2.1.3 Formulación de la estructura del modelo y desarrollos de submodelos matemáticos que representan las interacciones.

El modelo planteado incluye los siguientes elementos endógenos: una población simple con una tasa de natalidad y mortalidad y migración neta de habitantes, con un comportamiento de consumo de envases PET definido y una actitud específica hacia el reciclado.

Los elementos exógenos al sistema son un estado de la economía que define costos de operación y mantenimiento, precios de materiales y tasa de consumo de bebidas.

En la formulación se tomaron los siguientes supuestos:

- La demanda de los consumidores en cada salto de tiempo es aleatoria, pero obedece a una distribución de tipo normal
- El precio del depósito no varía con el tiempo
- Se prevé acumulación de PET (envases o material) y de dinero en algunos niveles del sistema.
- La única actividad de recuperación de PET es el reciclado como se plantea en el sistema propuesto
- Se asume que la capacidad de almacenamiento de productores, mayoristas y minoristas es muy grande
- El tiempo total de simulación es de 2 años
- Los costos de operación y mantenimiento del sistema no varían con el tiempo
- Existe un número inicial de máquinas automáticas para la devolución del depósito que va incrementando con la implementación gradual del SDDR.
- Existe una proporción de envases que no son reciclados y salen del sistema propuesto, de la misma forma que no todo el RPET es reutilizado para formular nuevos envases.
- Todo el material reciclable se encuentra en un solo estado de agregación (no se diferencian tipos ni tamaños) para lograr que el sistema permanezca pequeño y manejable.
- Tanto el valor del PET como el del RPET es constante en el mercado.
- El modelo no contempla la variación de consumo segregada por edades.

- m) Se asume que dentro de los costos logísticos inicialmente se implementará la misma flota y recorrido actual que utiliza la ciudad.
- n) El modelo supone que tanto el ente regulador como los distintos actores del modelo tienen el lugar físico necesario para su implementación
- o) Se considera que RPET no utilizado para la fabricación del envase, siempre tiene mercado para ser comercializado

Una lista de variables y parámetros incluidos en el sistema se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 *Variables y parámetros incluidos en el sistema.*

Variable/Parámetro	Descripción
Tasa de bebidas consumidas	Ajuste del nivel de consumo de PET de acuerdo a la cantidad de litros de bebidas azucaradas y no azucaradas por habitante.
Tasa de stockeo de envases	Ajuste en el nivel de envases a vender debido a logísticas del minorista
Valor del Pfand	Valor del depósito en pesos, que se recarga al envase y que el consumidor debe pagar para que luego sea devuelto.
Stock mínimo	Ajuste del flujo de envases que van del fabricante de bebidas al mayorista por variación estacional del consumo de bebidas
Tasa de PET virgen	Proporción de PET que virgen (no es RPET del circuito de reciclado) para la fabricación de botellas
Tasa de destrucción de envases	Proporción de envases que no son devueltos porque se disponen (correcta/incorrectamente) o porque se destruyen
Tasa en envases rechazados por la máquina	Porcentaje de botellas con defectos que son rechazados por las máquinas, por lo que no se pueden reciclar y salen del sistema SDDR
Tiempo de residencia de PET en depósito	Días que permanecen los envases reciclados en el depósito previo a su recolección y venta las plantas procesadoras de pellets
Tasa kg de PET virgen/botella	Masa de PET virgen contenida en una botella estándar de 1,5 litros de capacidad
Tasas de crecimiento (natalidad, inmigración), mortalidad, emigración)	Nacimientos, muertes e inmigrantes netos por habitante y por mes.
Tasa de recolección	Cantidad de veces mensuales que debe vaciarse una máquina que recolecta PET usados.

2.1.4 **Recolección inicial de datos para la operación del sistema. Caso de Estudio.**

El modelo propuesto es un sistema acoplado con ecuaciones basadas en la aproximación de síntesis de Forrester que comprende los dos sistemas dinámicos de dinero y material PET. Se corrió un escenario base con datos y tasas reales (población, actitud de consumo, costos iniciales) del Gran Buenos Aires. Los detalles de algunos inputs básicos para el caso de estudio se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 *Datos y tasas básicas para el Escenario base considerado en el estudio.*

Tasa de natalidad, mortalidad y migración neta	Valores promedio estimados para el año 2019 para el Gran Buenos Aires [11].
Consumo de bebidas	Estadísticas de la Subsecretaría de Bienestar Ciudadano de CABA [12].
Tasa de reciclado de material	Datos generales para el país [2].

Dado que el reciclado se apoya en la participación individual [13], contar con información de los factores que influyen a las personas a participar de un SDDR es fundamental para su implementación. En tal sentido, se elaboró un cuestionario de 10 preguntas con el objeto de recolectar información sobre hábitos actuales de reciclaje y la disposición del público a pagar para implementar sistema de gestión de residuos de PET. Los datos se recolectaron aleatoriamente de 356 personas seleccionadas en la calle y por medio de una encuesta de distribución en línea, durante los meses de marzo a setiembre de 2019. Los resultados se aplicaron directamente al modelo, en forma de tasas y funciones que relacionan costos y tendencias a reciclar PET

2.1.5 **Evaluación de las salidas.**

Con la implementación del modelo, las salidas son múltiples, pero el análisis se centra la estimación del tamaño del sistema, es decir en el volumen de PET vuelve en el ciclo de reciclado, con las implicancias para el diseño de los sistemas de almacenamiento y recolección y en la determinación del valor del depósito que garantice el adecuado funcionamiento del SDDR.

3. RESULTADOS.

El escenario base para el Gran Buenos Aires se corrió en el modelo considerando las características de la población local (consumo, generación de residuos de PET per cápita) y tendencia a reciclar obtenida en los cuestionarios. En las Figuras 5 y 6 pueden verse algunos resultados del cuestionario, en los que se destaca que alrededor del 82% de los encuestados desecha hasta 5 botellas semanalmente y que un 35% estaría dispuesto a pagar un depósito de hasta \$2 por botella. Solo a un 31% de los encuestados les pareció que un valor de \$5 era insignificante.

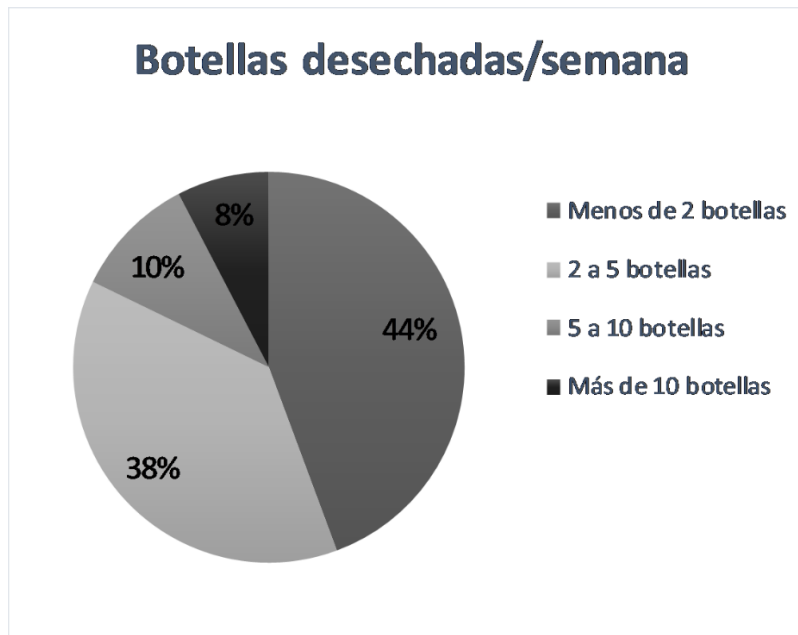


Figura 5 Cantidad de botellas de PET desechadas semanalmente de acuerdo con el cuestionario en el área de estudio

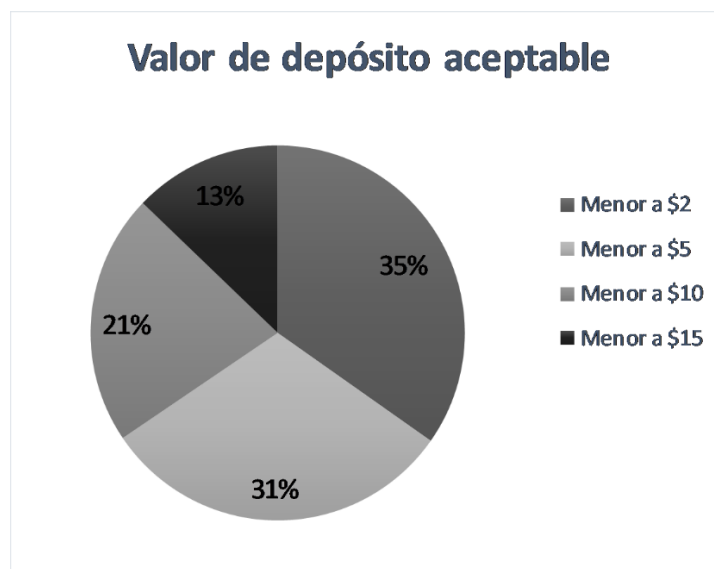


Figura 6 Valor del depósito por la botella considerado como insignificante, de manera que no genera interés en devolver el envase.

Con la implementación del modelo, los resultados generados son múltiples, pero en este artículo se discuten únicamente los aspectos relacionados con las cantidades recicladas, en relación con la generación total de residuos de PET y la influencia del valor del depósito en la implementación del sistema.

El Escenario base corrido con VENSIM pronosticó un crecimiento de la cantidad de consumidores de un 2,8% en el período simulado. Asimismo, la cantidad de envases consumidos mostró un crecimiento total del 3,8% en el mismo período de tiempo (Figura 7).

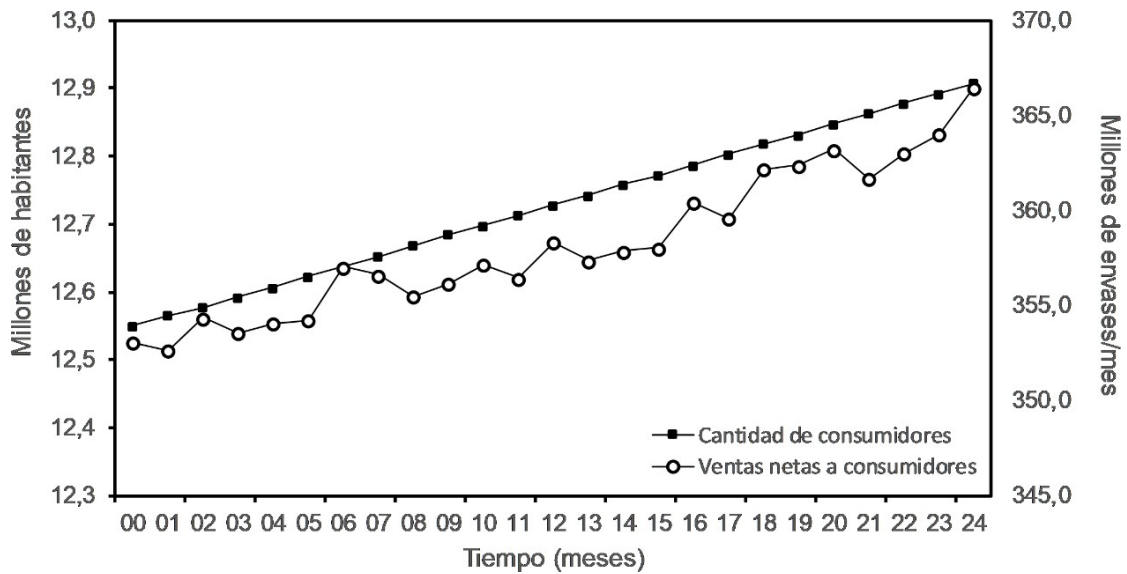


Figura 7 Evolución de la cantidad de consumidores (en millones de habitantes) y consumo de envases mensual (millones de envases por mes).

En el mismo periodo de tiempo analizado, los envases que son reciclados, respecto a los envases que salen del sistema SDDR a implementar se encuentran en relación 1:0,83, con variaciones intermensuales leves. Este cálculo se hizo para un valor de depósito de \$5. Esto es, considerando un valor de depósito aceptable para alrededor de 1/3 de la población del área de estudio, aproximadamente el 50% de los envases serían todavía descartados (Figura 8).

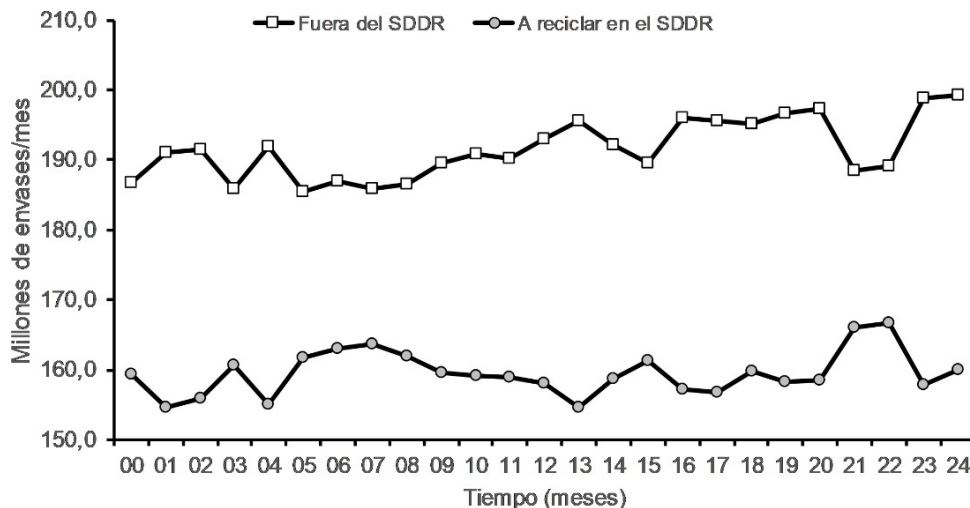


Figura 8 Variación temporal del destino de los envases consumidos en el área de estudio, para un valor de depósito de \$5. Notar que todavía existe una gran cantidad de envases que queda fuera del SDDR.

En relación con el valor de depósito fijado, la tasa de reciclaje y el consumo mensual de botellas, la evolución de dinero (sin considerar los costos fijos ni variables de implementación del SDDR se muestra en la Figura 9.

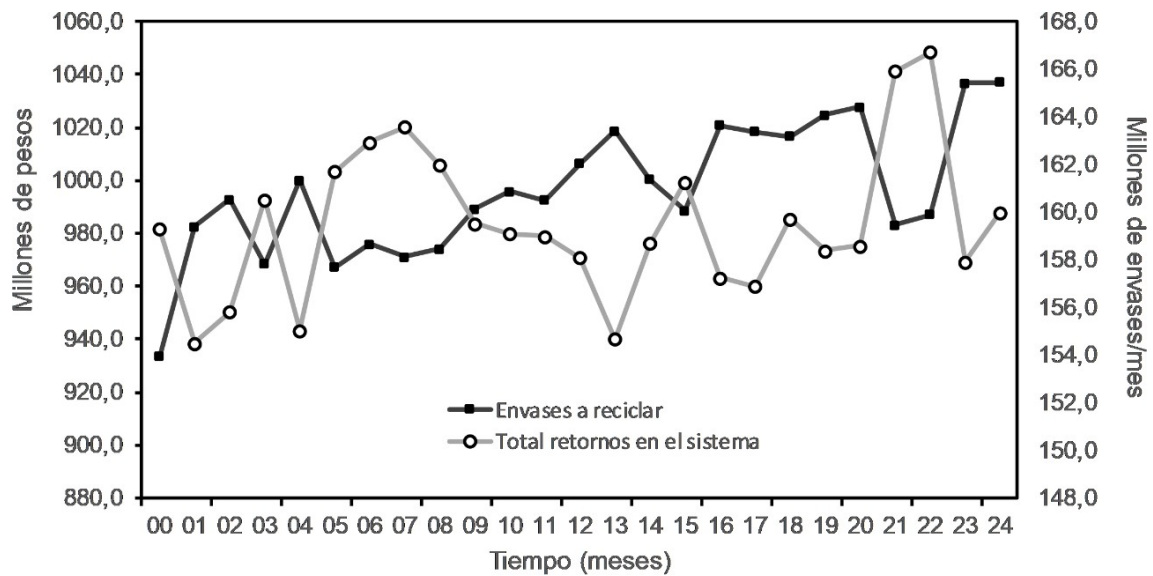


Figura 9 Cantidad de envases a reciclar y retornos del sistema SDDR sin considerar costos de implementación y fijos de mantenimiento.

El modelo permite el análisis de escenarios alternativos para la evaluación de la evolución de algunas variables del sistema, cambiando supuestos de entrada. Por ejemplo, dado que alrededor del 33% de los encuestados consideró aceptable un valor de depósito de \$2 y un 21% un valor de \$10, es posible evaluar la influencia de estas alternativas en la cantidad de envases consumidos y reciclados, como muestra la Figura 10. Es evidente que un mayor valor de depósito encarece el producto reduciendo el consumo, pero garantiza un mayor retorno de los envases vacíos.

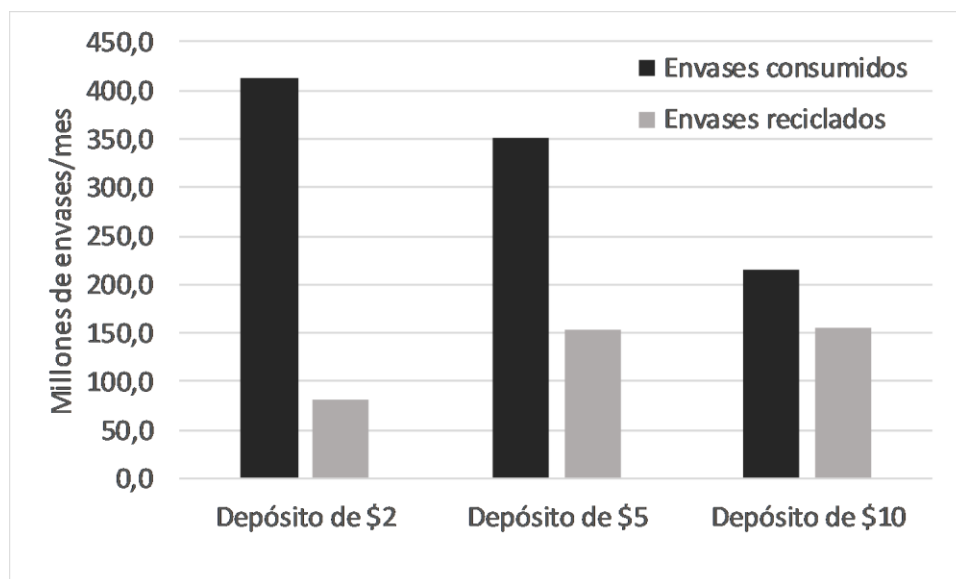


Figura 10 Promedio de envases consumidos (en millones de envases por mes) y envases reciclados, variando en valor del depósito.

4. DISCUSIÓN.

El propósito de este artículo es presentar el desarrollo y uso de un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas para ayudar a tomadores de decisiones en la implementación de un modelo SDDR. El desarrollo del modelo utiliza la variación demográfica de la población para estimar el consumo materiales reciclables (PET en este caso de estudio), el nivel de residuos generados, la cantidad de material reciclado y nivel de beneficios del sistema considerando costos de implementación y mantenimiento.

A través de los resultados generados por el modelo, es posible, por ejemplo, examinar el efecto de incentivos para reducir la generación de residuos, como variaciones en el valor de depósito, en el

tamaño total del sistema (capacidades de almacenamiento, frecuencia de recolección, etc.), en el nivel de consumo o en el interés de reciclar.

Si bien los escenarios presentados se configuraron para evaluar el SDDR en el Gran Buenos Aires, el modelo puede adaptarse a las necesidades de cualquier usuario y reconfigurarse para casos de análisis diferentes. Respecto a los resultados proporcionados por el modelo, en este trabajo se hizo hincapié en los volúmenes de material que maneja el SDDR y el dimensionamiento del sistema de gestión, pero es posible evaluar también la implementación de este desde el punto de vista de la evolución de costos y las necesidades de financiamiento.

Como trabajo a futuro se pretende mejorar la capacidad predictiva del modelo, considerando variaciones del valor del depósito en el tiempo, capacidades finitas de almacenamiento, costos variables durante el periodo de simulación y diferenciación de tamaños y tipos de material reciclable.

5. REFERENCIAS.

- [1] CEAMSE, "Estudios de calidad de Residuos Sólidos Urbanos Dispuestos (RSU) por año," 2019. [Online]. Available: <https://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>. [Accessed: 01-Aug-2019].
- [2] Banco Mundial, "Diagnóstico de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Argentina. Recopilación, generación y análisis de datos – Recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos.," 2015.
- [3] OECD, "Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade," 2018.
- [4] D. Lavee, "A cost-benefit analysis of a deposit-refund program for beverage containers in Israel," *Waste Manag.*, vol. 30, no. 2, pp. 338–345, 2010.
- [5] D. Hogg *et al.*, "Options and Feasibility of a European Refund System for Metal Beverage Cans. Final report," *Eunomia Res. Consult. Ltd*, no. November, p. 108, 2011.
- [6] J. W. Forrester, "Industrial Dynamics," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, no. 10, pp. 1037–1041, 1997.
- [7] D. Numata, "Policy mix in deposit-refund systems - From schemes in Finland and Norway," *Waste Manag.*, vol. 52, pp. 1–2, 2016.
- [8] V. Linderhof, F. H. Oosterhuis, P. J. H. van Beukering, and H. Bartelings, "Effectiveness of deposit-refund systems for household waste in the Netherlands: Applying a partial equilibrium model," *J. Environ. Manage.*, vol. 232, no. January 2018, pp. 842–850, 2019.
- [9] D. Numata, "Economic analysis of deposit-refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 53, no. 4, pp. 199–207, 2009.
- [10] B. Jeng, J. X. Chen, and T. P. Liang, "Applying data mining to learn system dynamics in a biological model," *Expert Syst. Appl.*, vol. 30, no. 1, pp. 50–58, 2006.
- [11] INDEC, "Informes Técnicos," 2019. [Online]. Available: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformesTecnicos>. [Accessed: 01-Sep-2019].
- [12] Subsecretaría de Bienestar Ciudadano, "No Title," 2019. [Online]. Available: <https://www.buenosaires.gob.ar/vicejefatura/institucional-subsecretaria-de-bienestar-ciudadano>.
- [13] K. M. Keramitsoglou and K. P. Tsagarakis, "Resources , Conservation and Recycling Public participation in designing a recycling scheme towards maximum public acceptance," *Resources, Conserv. Recycl.*, vol. 70, pp. 55–67, 2013.

Determinación de un Modelo Estándar de Proceso para el aprovechamiento de los Residuos Avícolas en el área del Gran Córdoba

Moreno, Valeria Karina; Coggiola, Mauricio; Jara, Nicolás; Pereyra, Martina; Rodrigo, Denis*

** Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
Maestro M. López esq. Cruz Roja, Córdoba. valeriakmoreno@gmail.com*

RESUMEN.

A través del presente proyecto se pretende evaluar la biomasa residual proveniente de la industria avícola, teniendo como zona de estudio el área comprendida por el Gran Córdoba (área que incluye Ciudad de Córdoba y aproximadamente una zona aledaña de 50 km de radio). Se intenta determinar un aprovechamiento económico y sostenible, que permita mejorar el perfil productivo del sector, transformando la carga que generan estos residuos en un producto con valor agregado. La investigación busca determinar el empleo más eficiente derivado de la utilización de esa biomasa residual citada, contribuyendo a través de ello a desarrollar un sistema eficiente de reciclaje de los mismos. También realizará la definición de un Modelo Estándar de Proceso (MEP) que sirva como herramienta de evaluación.

Para ello, se plantea la siguiente hipótesis: El aprovechamiento de los residuos de la Industria Avícola a través de la realización de compostaje, resulta la alternativa más económica y ambientalmente sostenible a ser implementada, y puede contribuir a mejorar el perfil productor de dicho sector productivo. Para demostrar esta hipótesis, se analizarán diferentes alternativas de aprovechamiento, respetando la siguiente metodología.

En primera instancia se realizará una caracterización de la región geográfica a ser estudiada, empezando con una introducción sobre la situación mundial, en Argentina, y un análisis más detallado del Gran Córdoba. Luego se realizará un análisis de la biomasa proveniente de la industria avícola, determinando el tipo de biomasa disponible y la magnitud en la región de estudio. Una vez obtenidos estos datos, se realizará un análisis de posibilidades de utilización de sus residuos. Con los datos obtenidos, se realizará un análisis de los posibles aprovechamientos en relación a la realidad del área de estudio. Por último, se procederá a la elaboración de propuestas en base a los estudios realizados.

Palabras Claves: Biomasa, Residuo Avícola, Compostaje.

ABSTRACT

The main objective of the present project is to evaluate the residual biomass from the poultry industry in the area covered by Greater Cordoba. This area includes the City of Cordoba and approximately a surrounding area of 50 km radius. The main objective is to determine a sustainable use of the mentioned biomass, which allows improving the productive profile of the sector, transforming the economic and environmental issue generated by this waste into a product with added value. The research has the aim to determine the most efficient use derived from this residual biomass, which will contribute to developing an efficient recycling system. It is also an objective to define a Standard Process Model (SPM) which will be utilized as an evaluation tool.

The following hypothesis is proposed: The use of waste from the Poultry Industry through composting is the most economical and environmentally sustainable alternative to be implemented. Besides, it can contribute to improving the profile of the mentioned productive sector. To demonstrate this hypothesis, different alternatives will be analysed through the following methodology.

In the first instance, a characterization of the studied region will be carried out. The study will begin with an introduction to the world situation, followed by an analysis of the situation of the sector in Argentina. Then, a more detailed analysis of Greater Cordoba will be done. After that, a characterization of the biomass obtained from the poultry industry will be carried out. This will determine the available type of biomass in the region of study.

With the obtained data, an analysis of the possible uses of the local biomass will be carried out, concerning the reality of the studied area, in order to develop different proposals.

1. INTRODUCCIÓN

Gallinaza (Cama de Pollo) es el residuo orgánico más representativo que generan las explotaciones avícolas tanto por su volumen como por sus características. Es la mezcla entre cama (viruta) y deposiciones sólidas y líquidas de los animales (guano), y sus propiedades como abono orgánico son reconocidas por la comunidad agrícola. El manejo y los diferentes procesos a que son sometidas las excretas aviares, son alternativas no sólo para mitigar los impactos negativos ambientales, sino que convierten la gallinaza en un subproducto con un alto valor agregado para el productor [1].

A nivel mundial, la gallinaza se ha aplicado durante siglos a las tierras para aumentar la producción de cultivos. Si se gestiona de manera adecuada, esta es una opción efectiva y beneficiosa. El compostaje es un proceso biológico aerobio natural de descomposición de la materia orgánica, que representa un método práctico y económicamente viable para la estabilización de la gallinaza antes de su aplicación sobre el terreno [1]. En Argentina, el INTA Crespo trabaja en el manejo y secado del guano de las gallinas, para su uso como fertilizante. Entre Ríos lidera la producción avícola nacional. Esta intensificación en la producción deriva en el aumento y la concentración de los efluentes. En este sentido, técnicos del INTA Crespo trabajan en el manejo integral y disposición final de los efluentes de las gallinas, para su utilización como fertilizante [3].

La investigación científica ha documentado que los nutrientes y la energía procedentes de los subproductos de residuos avícolas, incluida la gallinaza, pueden reciclarse de forma segura como un componente de la dieta del ganado y las aves de corral una vez que se neutralizan los agentes patógenos [2].

La gallinaza contiene materia orgánica que puede convertirse en bioenergía gracias a determinadas tecnologías de procesado. Uno de los métodos más comunes para el manejo de los excrementos avícolas mediante limpieza con agua es la digestión anaerobia, que produce biogás, una mezcla de gases con diferentes concentraciones de metano combustible. El biogás puede ser utilizado como fuente de energía en las explotaciones agrícolas para la calefacción o como combustible para los diversos motores que generan electricidad. La gallinaza seca puede ser incinerada en hornos pequeños para la producción de calor en las explotaciones agrícolas o ser transportada a centros donde se queman a gran escala para la generación de electricidad. En ambos casos, la cantidad de energía producida depende de la eficiencia de los equipos utilizados y del contenido de humedad de la gallinaza quemada [2].

1.1. Hipótesis del Proyecto.

El aprovechamiento de los residuos de la Industria Avícola a través de la realización de compostaje, resulta la alternativa más económica y ambientalmente sostenible a ser implementada, y puede contribuir a mejorar el perfil productor de dicho sector productivo.

1.2. Objetivo General.

Evaluar la alternativa más económica y ambientalmente sostenible del aprovechamiento de los residuos de la industria avícola, generando a partir de ello un Modelo Estándar de Proceso aplicable a las industrias de este sector.

1.2.1 Objetivos Particulares.

1. Evaluar la biomasa residual proveniente de la industria avícola, teniendo como zona de estudio el Gran Córdoba.
2. Analizar los grandes campos de aprovechamiento de los residuos, desde el punto de vista económico y ambiental, para determinar el aprovechamiento que resulte más conveniente tanto sostenible como económicamente: Producción de FERTILIZANTES, Generación ENERGÉTICA, Producción de ALIMENTO para animales.
3. Con los resultados obtenidos, definir un Modelo Estándar de Proceso (MEP), que pueda ser aplicado en general en este tipo de industrias, y que busca determinar el empleo más eficiente derivado de la utilización de esa biomasa residual citada.

2. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos la metodología que se llevará a cabo, está basada en el análisis detallado de la biomasa proveniente de los residuos de la industria avícola de la provincia de Córdoba, con el correspondiente análisis de los datos obtenidos, y la elaboración de propuestas para el aprovechamiento de los mismos. Se pretende llevar a cabo la siguiente metodología.

2.1. Etapa 1

En primera instancia se realizará una caracterización de la región geográfica a ser estudiada, empezando con una breve introducción sobre la situación avícola en el mundo, en Argentina, y luego un análisis más detallado del Gran Córdoba.

La caracterización se realizará a través de análisis bibliográfico, y/o estudios de campo, y a partir de ello, se realizará un análisis de la biomasa proveniente de la industria avícola, determinando el tipo de biomasa que se puede obtener y la magnitud en la región de estudio.

2.2. Etapa 2

Se analizarán los grandes CAMPOS de aprovechamiento de los residuos, desde el punto de vista económico y ambiental, para determinar la alternativa que resulte más conveniente.

- CAMPO 1. Producción de FERTILIZANTES.
- CAMPO 2. Generación ENERGÉTICA.
- CAMPO 3. Producción de ALIMENTO para animales.

2.3. Etapa 3

A partir de los resultados obtenidos, se realizará una comparación entre las alternativas planteadas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- MAGNITUD DE RESIDUOS: La disponibilidad será el primer condicionante de la selección.
- ECONÓMICO: Cual resulta más económico en cuanto a su aplicación y mantenimiento.
- AMBIENTAL: Cual resulta menos agresivo con el Medio Ambiente.
- TECNOLOGÍA DISPONIBLE: Qué tecnología se encuentra disponible en el país.

En base a la comparación realizada, se seleccionará la alternativa más conveniente, y se definirá un Modelo Estándar de Proceso (MEP), que pueda ser aplicado en la industria avícola, el cual tendrá el siguiente esquema general:

- INPUTS: Comprendidos por los residuos que finalmente se utilizarán.
- PROCESO: El proceso seleccionado como el más conveniente.
- RESULTADO: La mejor opción entre: Energía, Fertilizantes, Alimento para Ganado.

3. RESULTADOS PARCIALES.

3.1. Caracterización de la Región Geográfica.

3.1.1. Situación de la industria avícola a nivel mundial

Para entender el fin de la investigación y guiar los objetivos, es necesario encontrar las causas y necesidades que amparan el estudio. Primero es necesario saber cuál es el contexto actual acerca del sector productivo al cual destinamos la práctica de nuestra actividad en el mundo y luego situarlo en Argentina debido al carácter regional de nuestro estudio.

Es necesario estudiar el huevo como producto debido a que nuestra investigación se basa en el excremento producido solo por las gallinas ponedoras.

3.1.1.1. Producción

La FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) ha publicado un informe sobre la producción y el consumo de huevo en el mundo arrojando los siguientes datos [4].

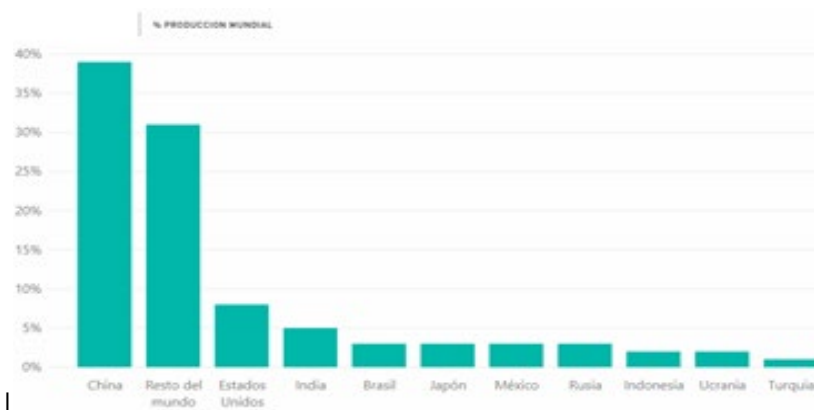


Figura 1 Producción de huevos a Nivel Mundial

El 70% de la producción mundial de huevos, según datos del año 2013, la realizan los siguientes países: China con un 39%, Estados Unidos con un 8%, la India con un 5%, Brasil, México, Japón y Rusia con un 3%, Ucrania e Indonesia con un 2% y finalmente Turquía con un 1%. Un impresionante 39% de la producción mundial de huevo se da en China. América Latina produce casi el 11% de los huevos del mundo y alrededor de un tercio de la producción de esta zona se da en México. Argentina y Colombia también se encuentran dentro de los 25 primeros mercados mundiales [4].

Es interesante estudiar el cambio desde el 2000 hasta el 2009 en estos mercados. Tanto México como Brasil tuvieron un crecimiento de un tercio (33% y 32%, respectivamente). El mayor volumen de crecimiento se vio en los dos productores más grandes: China, con cuatro millones de toneladas y los EUA, con un millón de toneladas. La UE es el único mercado que no vio crecimiento con la salida de Alemania de los diez primeros puestos y el estancamiento de la producción en Francia [4].

El crecimiento en América Latina entre 2000 y 2009 fue de casi 2 millones de toneladas, un total del 40 por ciento. Supone casi el doble del crecimiento de EUA durante el mismo período y casi la mitad del crecimiento en China. El incremento de la producción en México y Brasil representó alrededor del 50% del crecimiento latinoamericano. Otro mercado que ha experimentado un crecimiento importante es Argentina, donde la producción casi se duplicó. Colombia, Perú, Paraguay, Guatemala, la República Dominicana, Bolivia y Panamá crecieron alrededor del 50% en todos los casos [4]. Estas cifras demuestran el compromiso de la industria latinoamericana en un esfuerzo para invertir en producir huevos y productos derivados del mismo más eficientemente, así como cumplir con las demandas crecientes para el consumo local.

3.1.1.2. Consumo

Según un estudio realizado por la Comisión Internacional del Huevo, la producción de este alimento irá en aumento debido a que ofrece a los consumidores la fuente de proteínas con menor impacto medioambiental. La evolución en el consumo de huevo nos lleva directamente a pensar que se requieren más gallinas para cubrir la demanda. En promedio, en Argentina, una gallina pone huevos a una tasa de 0,75u/día (dato de campo) y esto no puede modificarse significativamente por lo que el resultado es aumentar la cantidad de gallinas. Con lo consiguiente no sólo aumenta la cantidad de recursos puestos en juego como la electricidad, agua y gas sino también los residuos que se generan [4].

En este punto es donde cobra valor nuestro trabajo: encontrarles un sentido productivo a dichos excrementos con la principal función de volver al ciclo productivo rural ya sea como abono, como alimento o como energía.

3.1.2. Situación De La Industria Avícola En La República Argentina

3.1.2.1. Consumo

De acuerdo a los datos aportados por la Cámara Argentina de Productores Avícolas (CAPIA) en 2018 el consumo de huevos cayó un 3,4%, alcanzando los 270 huevos per cápita al año. Es una importante disminución teniendo en cuenta que el nivel de consumo de 2017 fue de 280 unidades per cápita. Así, nuestro país ocupa en la actualidad el 8° puesto como consumidor de huevos en el mundo, cuando en 2017 estuvo en el 5° lugar [5].

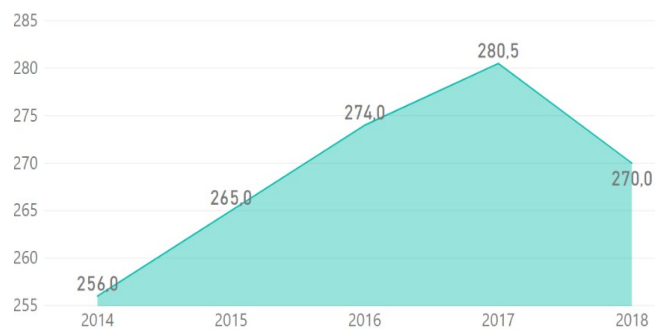


Figura 2 Consumo de huevos en la República Argentina

3.1.2.2. Producción

La producción a nivel nacional cayó en el 2018 debido a un incremento en los costos de producción y baja de consumo por incremento de precio. El 97% de la producción se destina para consumo interno mientras que el 3% es para exportación siendo Japón el principal mercado donde Argentina exporta, junto con Rusia, Chile, Cuba y Austria representan aproximadamente entre el 75% del total de exportaciones del país [5].

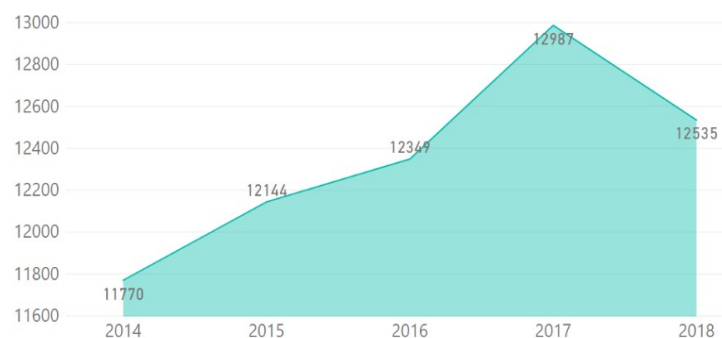


Figura 3 Producción de huevos en la República Argentina

La producción local se reparte en alrededor de 1.000 granjas, las cuales se concentran principalmente en la provincia de Buenos Aires, donde operan el 40% de ellas. Para la avicultura de postura las granjas automáticas son un camino a profundizar: este tipo de instalaciones alcanza actualmente a poco más del **50% de la producción** de huevos argentinos [6].

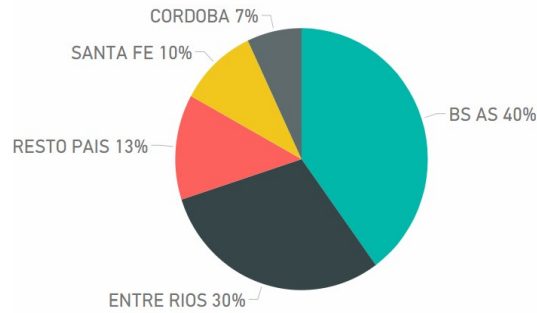


Figura 4 Distribución de la Producción de huevos en la República Argentina

3.1.2.3. Granjas

En ese total de granjas, solo una de cada seis (16%) alberga más de 100.000 aves, considerándose granjas grandes. Además, se estima que el 37% son pequeñas, con entre 1.000 y 20.000 aves, según las cifras de CAPIA, quedando un total de 47% granjas medianas con aproximadamente 40.000 gallinas [5].

3.1.2.4. Gallinas

Existe en la Argentina una población promedio de 139 millones de aves industriales, de las cuales un 68,4% corresponde a pollos de engorde, un 30% a gallinas de postura, un 1,6% a reproductores [5].

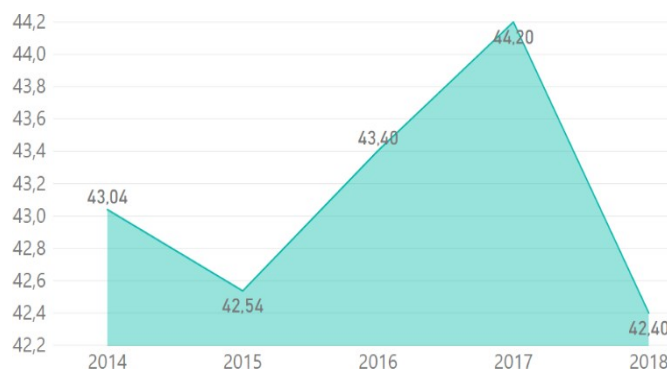


Figura 5 Cantidad de Gallinas de Postura en la República Argentina

3.1.3. Situación De La Industria Avícola En La Provincia De Córdoba

3.1.3.1. Granjas

En la provincia de Córdoba, se encuentra un total de 40 granjas registradas en la Cámara Avícola de Córdoba distribuidas a lo largo de la provincia, de las cuales el 65% cuenta con sistema de producción automático mientras el resto de menor cantidad de gallinas con sistema convencionales [5].

- Granjas grandes: 100 mil gallinas.
- Granjas medianas: 40 mil gallinas.
- Granjas pequeñas: menor de 20 mil gallinas.

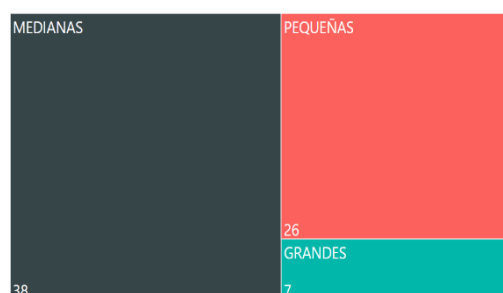


Figura 6 Distribución de Granjas en la Provincia de Córdoba

3.1.3.2. Mapa distribución geográfica de granjas

Los puntos amarillos representan granjas de gallinas ponedoras, como se puede apreciar no presentan un patrón de distribución, sino que se distribuyen uniformemente dentro de Córdoba [7].

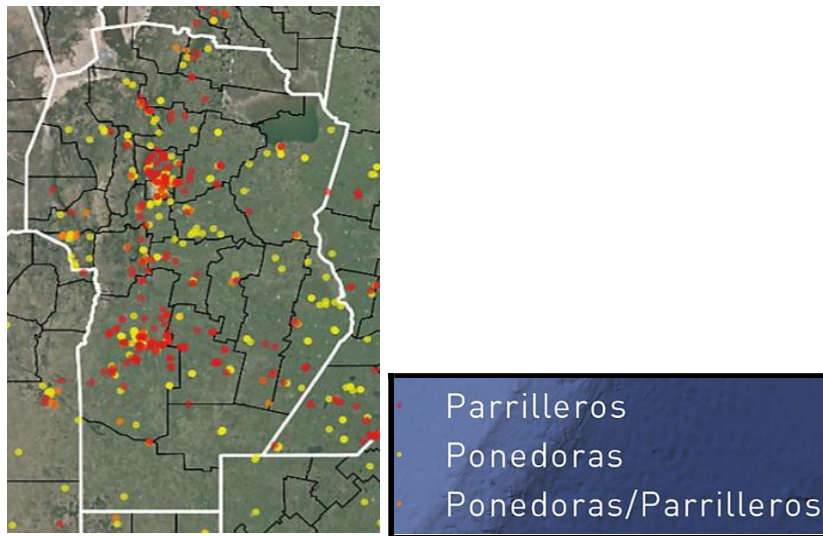


Figura 7 Mapa de Distribución de Granjas en la Provincia de Córdoba

3.1.3.3. Cantidad de gallinas en Córdoba

Esta distribución da un total de 2.7 millones de gallinas en la provincia clasificados de la siguiente manera [5]:

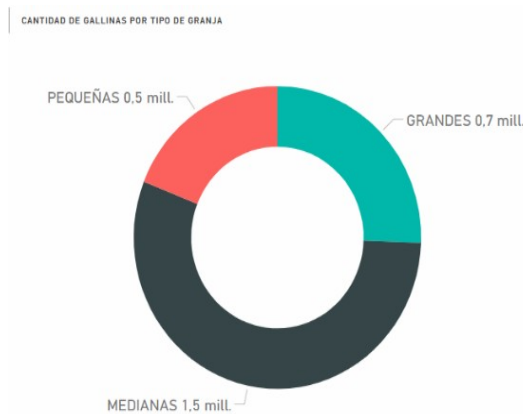


Figura 8 Cantidad de Gallinas por tipo de Granja en la Provincia de Córdoba

3.1.3.4. Gallinazo por tipo de granja

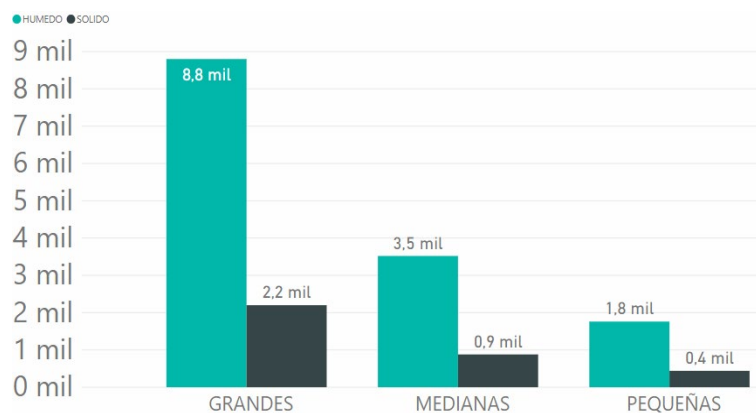


Figura 9 Gallinazo por tipo de Granja en la Provincia de Córdoba

Como se observa en el gráfico se genera una gran cantidad diaria de guano, tanto en toneladas como en volumen resultando una problemática tanto ambiental como para los productores [5].

3.2. Caracterización de la Biomasa Avícola en la Provincia.

3.2.1. Identificación de los Emprendimientos

Las instalaciones en los emprendimientos avícolas pueden ser de diferentes niveles de tecnificación, desde la producción artesanal a la industrial totalmente automatizada. Los siguientes son, de manera general, los diferentes procesos productivos del rubro avícola [2].

- Granjas de reproductoras: suministran el material para reemplazo de las gallinas ponedoras y de pollos para la producción de carne. En este tipo de granjas, podemos hallar dos tipos de residuos: cama o pollinaza y cadáveres.
- Planta de incubación: el proceso consiste en incubar los huevos provenientes de las granjas reproductoras. En este caso, los residuos que se generan son: cáscaras de huevos y cadáveres.
- Granjas de Engorde: aquí se reciben pollos de un día de vida y se engordan hasta los cuarenta y cinco días o más, hasta alcanzar el peso de mercado; luego se envían a faena. Los residuos de estas granjas son la cama y los cadáveres.
- Granjas de postura comercial: se dedican a la crianza de aves para la producción de huevos. Los residuos generados en este tipo de granjas son: efluentes líquidos de la limpieza de los galpones de crianza, guano de la etapa de producción, cáscaras de huevos y cadáveres provenientes de todo el proceso productivo.

3.2.1.1. Selección del Emprendimiento

Actualmente, en el Gran Córdoba (Ciudad de Córdoba y aproximadamente una zona aledaña de 50 km de radio), se encuentra un total de 40 granjas de postura comercial registradas en la Cámara Avícola de Córdoba, de las cuales el 40% cuenta con un sistema de producción automático mientras que el resto utiliza sistemas convencionales. Enfocaremos nuestro estudio en las granjas de postura comercial automáticas en las cuales la recolección de la gallinaza es más sencilla al recogerse en forma pura y en consecuencia el residuo es más fácil de tratar [2] [5] [8].

Existen diferentes razones que justifican la selección de este tipo de emprendimiento. Por un lado, la tendencia constante de crecimiento que refleja este negocio año a año, por otro lado, encontramos que existe una necesidad insatisfecha por parte de los productores en el manejo eficiente de este "residuo" el cual significa actualmente un costo en su proceso productivo y a su vez observamos que esta necesidad coexiste con una oportunidad de negocio si a este residuo se le agrega valor y es tratado adecuadamente. Finalmente, y no menos importante, existe una necesidad medioambiental para el tratamiento de la gallinaza ya que sin la aplicación de un tratamiento apropiado es causante de contaminación en suelos y aguas, además de olores desagradables, alta concentración de gases, proliferación de vectores y microorganismos patógenos [2] [5] [8].

3.2.1.2. Identificación del Residuo y de la Problemática

Los tipos de residuos que se generan en la industria avícola son [2] [9]:

- Guano: en gallinas de postura, el guano es el excremento puro con una mezcla de deyecciones, a las que se unen la porción no digerible de los alimentos, las células de descamaciones de la mucosa del aparato digestivo, microorganismos de la flora intestinal, diversas sales minerales, plumas y restos de huevos rotos.
- Cama de pollo (Gallinaza): en el caso de aves de producción a piso, la cama se define como la acumulación del guano mencionado anteriormente sobre un material absorbente como la cáscara de arroz o la de girasol, o bien la viruta de madera.
- Animales muertos: cadáveres de aves resultantes de mortandad de rutina o catastrófica, o bien de sacrificio sanitario.
- Residuos varios: efluentes de faena, envases de productos veterinarios, plumas, cáscaras de huevos y residuos líquidos de la limpieza de galpones.

Estos residuos tienen graves dificultades como [2] [8] [9]:

- Si se encuentran relativamente cerca de algún núcleo poblacional y como consecuencia la polución de suelos y aguas, el polvo y el mal olor, pueden conllevar a graves problemas de salud pública.
- Las condiciones sanitarias desbordadas dentro de las granjas.
- Malas condiciones comerciales la utilización como insumo de terceros de estos residuos.
- Uso de mano de obra y recursos para actividades logísticas y de acarreo de los residuos que no agrega valor.
- Mayor exigencia de la comunidades y sector social vecino a las explotaciones de las granjas.

Desde el punto de vista de este proyecto de investigación nos centraremos en el Guano donde los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear enormes problemas de polución, debido a las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen. Además, originan grandes volúmenes de estiércol que se depositan en el suelo y, como resultado, éste y el agua se contaminan.

En las granjas de gallinas ponedoras este es el residuo de mayor volumen y que generan los mayores inconvenientes para los productos desde el punto de vista ambiental, logístico y de mano

de obra y no se agrega ni produce ningún valor agregado. Es un problema para las granjas, ya que la legislación delimita el accionar del productor en lo que refiere al tratamiento del guano. Le dice que no puede retirar el guano de su establecimiento sin tratarlo (si no se lo convierte en compost para evitar un posible traslado de gérmenes o enfermedades), no puede tampoco acumularlo en cualquier lugar dentro del mismo y además en la ley también se habla de habilitaciones pertinentes para este tipo de explotaciones que dependen del lugar donde se encuentra [2] [5] [8].

Por esta razón es que por la caracterización de Córdoba en cuanto a los tipos de granjas que se encuentran en la Provincia este sería el principal inconveniente a tratar. Si analizamos por ejemplo a las granjas consideradas grandes que poseen un volumen de gallinas que supera las 100.000, esta generaría una cantidad de guano equivalente a **8.800 kg** por día [2] [5] [8].

3.3. Caracterización de los Aprovechamientos.

3.3.1 Producción de Fertilizantes

El uso de guano como abono es la opción más viable para su empleo, tanto porque constituye una forma de reciclaje natural que contribuye e incrementa la producción de los cultivos y la recuperación de suelos altamente degradados como por su bajo costo. La utilidad del guano proviene de su aporte al suelo de materia orgánica ya que aumenta su capacidad de retención de agua y es una fuente rica en elementos nutritivos para las plantas. Pero el uso de guano fresco puede producir efectos adversos al suelo y plantas, por ello se recomienda su procesamiento [10].

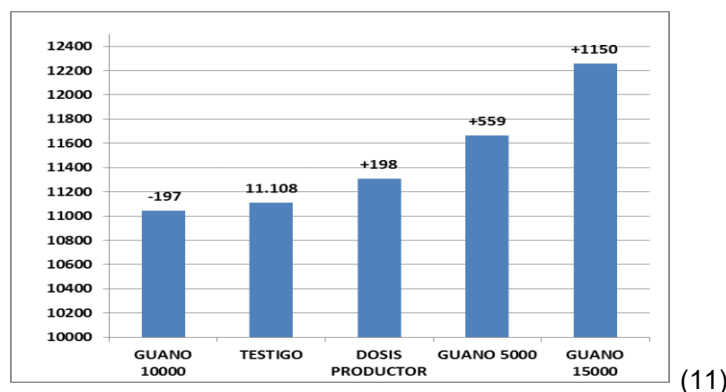
Se evaluó el efecto que produce sobre el rendimiento de maíz y el suelo a través del tiempo la aplicación de guano crudo y compost en diferentes dosis de enmiendas previo a la siembra del cultivo de ésta gramínea. El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2015-2016 en un establecimiento agropecuario ubicado a 3 km al sur de la localidad de Monte Buey, Córdoba. Se establecieron ocho tratamientos, tres dosis de guano crudo, tres de compost, un testigo absoluto y por último se consideró una franja con la TUA (tecnología de uso actual del productor) que se la denominó DOSIS PRODUCTOR. Los tratamientos se muestran en el cuadro [10].

TRATAMIENTOS	DOSIS
T0	Sin efluente y sin fertilizante
C1	4000 kg/ha de compost
C2	8000 kg/ha de compost
C3	12000 kg/ha de compost
G1	5000 kg/ha de guano
G2	10000 kg/ha de guano
G3	15000 kg/ha de guano
Dosis productor	Dosis fertilizante sintético

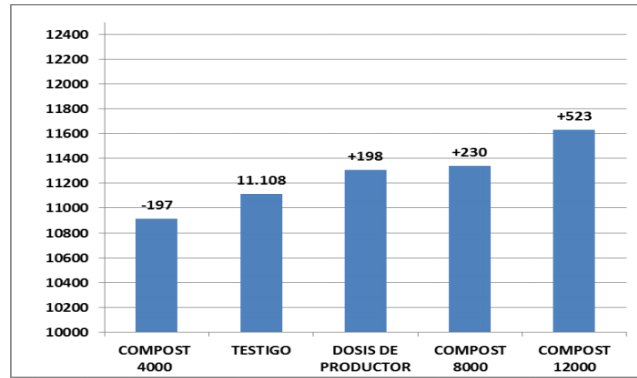
Figura 10 Dosis de los distintos tratamientos realizados

Para evaluar la composición química del guano crudo y del compost se realizó un muestreo del material utilizado. Dichas muestras se enviaron al laboratorio de análisis químicos de la Cámara arbitral de cereales de la provincia de Entre Ríos [10].

Se puede observar en los gráficos que el tratamiento que recibió la dosis de 15000 kg/ha de guano reflejó diferencias significativas (p-valor <0.10) en rendimiento con respecto a los demás tratamientos. Es importante destacar que el tratamiento dosis productor tuvo un comportamiento medio dentro de la evaluación y se vio superado por las dosis de 8000 y 12000 kg/ha de compost y 5000 y 15000 kg/ha de guano [10].



(11)



(12)

Figuras 11 y 12 Diferencial de rendimiento de maíz expresado en kg/ha comparado con el testigo absoluto en función de los diferentes tratamientos de guano (11) y compost (12).

Para lograr que el guano se convierta en un subproducto de alta calidad para el productor se deben aplicar las siguientes prácticas [2] [5] [10]:

- Evitar que se presenten altas humedades dentro del galpón (Causante de la producción de las altas concentraciones de gases y pérdida de elementos). El manejo de la reducción de humedades se logra con una buena ventilación de las instalaciones, evitar fugas de agua de las tuberías de los equipos de bebida y una rápida recolección de heces frescas.
- Una vez recolectado, tener un lugar para su disposición (secaderos) que sea cubierto para evitar el contacto con el agua lluvia y almacenarla en forma de pirámide, con el fin de lograr un escurrido de la humedad que ésta presente. Se pueden emplear productos que eviten la humedad y que reduzcan la producción de gases y olores.

3.3.2. Generación de Energía

Dentro de la búsqueda de nuevas fuentes de energía, se ha encontrado que la industria avícola que es un negocio a escala mundial en la actualidad, es la mayor generadora de excreta de gallina, la cual es una fuente de biomasa con un alto poder energético que se está desaprovechando en gran parte del mundo [9].

Un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina producido en las avícolas, reduciría en un alto porcentaje la contaminación ambiental existente y brindaría la posibilidad de mejorar la economía de las avícolas, ya que permitiría generar biogás el cual se puede usar para los sistemas de calefacción usados en la avícola o para generar energía eléctrica y realizar así un proceso de autoabastecimiento, disminuyendo costos operativos [9].

3.3.2.1. Tecnología

Se debe contar con un biodigestor donde se genera el proceso anaeróbico, es decir, un proceso libre de oxígeno para que bacterias metanogénicas fermentan la biomasa y de esta manera se genere biogás. Además, se debe contar con un depósito donde se almacena todos los lodos residuales del proceso [9].

Finalmente, la planta para obtener biogás a partir de biomasa debe poseer una disposición, es decir, un sistema que aproveche la energía que puede ser liberada del biogás, en este trabajo, la generación de electricidad [9].

3.3.2.2. Problemas

La alimentación del sistema debe ser uniforme, balanceada y constante, ya que las bacterias que originan biogás son sensibles al método de carga, al tipo de biomasa, el nivel de PH y a la relación carbono nitrógeno de la biomasa, y al no cuidar la alimentación del sistema estas variables pueden disminuir o parar la producción de biogás. El biogás posee un bajo poder calorífico comparado al de la gasolina, el diésel y el gas natural, pero cuando se mezcla con aire para conformar el cuerpo de trabajo de un proceso de combustión, el poder calorífico de este se convierte en una alternativa [9].

3.3.2.3. Determinación de viabilidad de esta Alternativa

Si bien la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina tiene muchos puntos a favor en base a disminuir la contaminación ambiental y dar una solución al problema del guano de gallina producido en las granjas, se descarta este aprovechamiento debido a que los costos de inversión son demasiado altos, ya que se requiere de instalaciones específicas para los volúmenes a tratar y además del equipamiento para hacer uso del aprovechamiento energético y la operativa de los biodigestores requiere de mucha atención y de recursos humanos dedicados exclusivamente al funcionamiento del mismo, por lo que solo sería aplicable a las grandes granjas que puedan afrontar esta inversión y debido a la coyuntura del país, hoy no es una opción viable [2] [5] [8] [9].

3.3.3. Producción de Alimento para Animales

Una de las alternativas en nuestro proyecto de investigación es el de la utilización del guano como alimentación de animales. Para el siguiente análisis es importante diferenciar el guano de la gallinaza, ya que sus composiciones químicas son bien diferenciadas.

El guano se considera únicamente a las excretas de las aves, mientras que la gallinaza contiene las excretas mezclada con el material que se utiliza como cama para las mismas, como aserrín o pajas. Ambos presentan un contenido alto de proteínas como también una cantidad aceptable de energía y materiales, en la siguiente tabla se puede apreciar lo mencionado [11]:

Tabla 1 *Composición Química Gallinaza y Guano*

Nutriente	Gallinaza	Guano
Materia seca %	84.7	89.6
Proteína cruda %	31.3	28
Proteína verdadera %	16.7	11.3
Proteína digestible %	23.3	14.4
Fibra cruda %	16.8	12.7
Grasa cruda %	3.3	2
Elementos libres de nitrógeno %	29.5	28.7
Cenizas %	15	28
Total de nutrientes digestibles %	72.5	52
Energía digestible kcal/kg	2440	1911
Calcio%	2.37	8.8
Fosforo%	1.8	2.5
Magnesio %	0.44	0.67
Manganeso mg/kg	225	406
Sodio %	0.54	0.94
Potasio %	1.7	2.33
Cobre mg/kg	98	150
Zinc mg/kg	235	463

Tal como se puede apreciar en la tabla ambas presentan un gran valor nutricional, aunque la gallinaza ofrece mayores prestaciones respecto del guano. Tanto el guano como la gallinaza pueden ser incluidas como suplemento en la alimentación de los rumiantes obteniendo buenos resultados permitiendo gracias a su aporte proteico, mejorando la rentabilidad de la producción al disminuir los costos de la alimentación, sin embargo, presentan ciertas restricciones.

3.3.3.1. Restricciones de su uso

La gallinaza contiene cantidades elevadas de cobre, producto del uso del sulfato de cobre como promotor de crecimiento de los pollos. Este elemento en cantidades elevadas es tóxico, en especial en ovinos, animales que son muy susceptibles a la toxicidad con cobre, ya que se acumula en el hígado y cuando alcanza niveles altos, se presentan signos clínicos de envenenamiento [11].

El guano puede ser utilizado también, aunque su valor nutricional es inferior y, además, propicia que los animales que son alimentados con ella presenten reacciones positivas a la prueba de tuberculina sin estar enfermos de tuberculosis. Esto se debe a una reacción cruzada atribuida a *Microbacterium Avium*, generalmente presente en el guano [2] [11].

3.3.3.2. Determinación de viabilidad de esta Alternativa

A lo largo de nuestro proyecto de investigación hemos determinado que el sistema de producción que se utiliza en Córdoba es el automático y que es tendencia hacia el futuro por lo que nuestro producto a tratar es el guano y no la gallinaza [2] [5] [8].

Como se observó anteriormente el guano presenta mayores restricciones que la gallinaza, para ser utilizado se debe incurrir en análisis para determinar su composición química y además en procesos tales como tratamientos físicos o químicos, como el secado, hidrolizado, peletizado y ensilado para de este modo, poder eliminar los problemas bacterianos que incurren en los animales al incorporar el guano como suplemento es su dieta [2] [11].

Esto genera un alto costo que el productor debería afrontar para llevar a cabo dicha alternativa, es por esto que arribamos a la inviabilidad de la misma.

4. CONCLUSIONES.

Al inicio de la investigación, se planteó el uso de la Gallinaza (cama de pollo) como el principal residuo a ser analizado para la elaboración de un modelo estándar de proceso (MEP) para el reciclado de la biomasa en la industria avícola en la provincia de Córdoba.

Sin embargo, luego del análisis realizado a nivel geográfico, con el fin de caracterizar la región de estudio, se determinó que el principal residuo encontrado en el área del gran Córdoba es el Guano. Esto es debido a que la principal actividad avícola en la región objeto de estudio es la de Granjas de postura comercial, las cuales se dedican a la crianza de aves para la producción de huevos. En este tipo de emprendimiento, la mayoría de las granjas son de tipo automáticas, donde el guano es el principal residuo. Además, la tendencia de producción indica que este porcentaje se irá incrementando en los próximos años. Esta es la razón principal por la cual nuestro producto a tratar será el guano y no la gallinaza.

Teniendo en cuenta este residuo y las características regionales del Gran Córdoba, la mayor viabilidad de utilización de estos residuos se encuentra entre los siguientes aprovechamientos: Generación de energía a través de la instalación de biodigestores y Producción de fertilizantes naturales (compost) a través del proceso de compostaje.

La tercera opción, implicaba el uso de los residuos como alimento para animales. Sin embargo, como se observó anteriormente el guano presenta mayores restricciones que la gallinaza, y para ser utilizado se debe incurrir en análisis para determinar su composición química. Además, se deben realizar procesos tales como tratamientos físicos o químicos, como el secado, hidrolizado, peletizado y ensilado para de este modo, poder eliminar los problemas bacterianos que incurren en los animales al incorporar el guano como suplemento a su dieta. Esto genera un alto costo que el productor debería afrontar para llevar a cabo dicha alternativa, es por esto que arribamos a la inviabilidad de la misma.

Enfocándonos en las dos alternativas restantes, debido a que uno de los objetivos es plantear un modelo que pueda ser adaptado a industrias de distinto tamaño, y teniendo en cuenta que el impacto económico debe ser el menor posible, sobre todo para los pequeños productores, se tomó la decisión de escoger la producción de compost como opción elegida para profundizar en el estudio. Esto se debe a que, si bien la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina tiene muchos puntos a favor en base a disminuir la contaminación ambiental y dar una solución al problema del guano de gallina producido en las granjas, los costos de inversión son demasiado altos, ya que se requiere de instalaciones específicas para los volúmenes a tratar y además del equipamiento para hacer uso del aprovechamiento energético y la operativa de los biodigestores requiere de mucha atención y de recursos humanos dedicados exclusivamente al funcionamiento del mismo, por lo que solo sería aplicable a las grandes granjas que puedan afrontar esta inversión y debido a la coyuntura del país, hoy no es una opción viable.

Finalmente, en cuanto a la producción de compost, el método exige diseño, planificación y manejo, pero es flexible en cuanto al área de trabajo y no requiere gran inversión en infraestructura y capacitación.

5. REFERENCIAS.

- [1] WILLIAMS, Charles Michael (2010). "*Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*". North Carolina State University, Department of Poultry Science, Raleigh, NC, Estados Unidos de América. Disponible en: <http://www.fao.org/3/al715s/al715s00.pdf>
- [2] LEONARDI, Emiliano (2013). "*Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves*". Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), Argentina. Disponible en: http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/2_aves_sns.pdf
- [3] STAMATTI, Guillermo Miguel (2014). "*El desafío de reutilizar los desechos avícolas*". INTA Santa Fe, Argentina. Disponible en: <https://inta.gob.ar/noticias/el-desafio-de-reutilizar-los-desechos-avicolas>
- [4] OCDE/FAO (2013), "*OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022*". Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es
- [5] Cámara Argentina de Productores Avícolas (CAPIA) (2019). "*Documentos*". Argentina. Disponible en: <http://capia.com.ar/>
- [6] SONATTI, Facundo (2017), "*Producción del huevo en Argentina*". MOTIVAR, Argentina. Disponible en: <https://www.motivar.com.ar/2017/04/produccion-del-huevo-en-argentina/>
- [7] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) (2019), "*Granjas, Parrilleros y Ponedoras*". Argentina. Disponible en: <https://nube.senasa.gob.ar/s/0ZuXoO1KcS6YyP>
- [8] MAISONAVE, Roberto; LAMELAS, Karina; MAIR, Gisela (2015), "*Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano*". Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. Disponible en:

- http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos//151216_Buenas%20Practicas%20de%20Manejo%20y%20Utilizacion%20de%20Cama%20de%20Pollo%20y%20Guano%20de%20Gallina.pdf
- [9] AGUILAR GENES, Jorge Luis (2015), *“Estimación del potencial de energía eléctrica a partir de una unidad de volumen de excreta de gallina proveniente de granjas avícolas”*. Universidad del Valle, Facultad de ingeniería, Santiago de Cali, Colombia. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/10061/1/CB-0557814.pdf>
- [10] ALLADIO, Ricardo Matías; ERRASQUIN, Lisandro; SAAVEDRA, Alejandro; PAGNAN, Luis (2016), *“Efecto del aporte de nutrientes del guano y compost de gallinas ponedoras sobre el rendimiento del cultivo de maíz”*. INTA AER Justiniano Posse, Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_guano_jp16_0.pdf
- [11] OCHOA CORDERO, Manuel Antonio; URRUTIA MORALES, Jorge (2007), *“Uso de Pollinaza y Gallinaza en la alimentación de rumiantes”*. México. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/308/161.pdf>

Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos

García, Adriana B.; Giménez, Lucas G.; Martínez, Graciela A.; Bianchetto, Hugo; Mazzeo, Juan P.; Palumbo, Demián; Tervidovicius, Martín O.; Calcagno, Ignacio; Vizcaino, Julián; Blanc, Paula*

**Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Departamento de Ingeniería Civil - Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Av. Ramón Franco 5050, (1870) Villa Domínico, Provincia de Buenos Aires. Dirección de correo electrónico abgarciafalcon@gmail.com*

RESUMEN

La gestión de obras públicas viales representa un factor crítico para el desarrollo productivo y humano, requiere conocer el estado de situación para llevar adelante su planificación y toma de decisiones. El campo de estudio del trabajo es la gestión de calidad de pavimentos urbanos y la implementación de prácticas de construcción sostenible. Se propone el diseño de un modelo de evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos aplicable como herramienta de gestión y toma de decisiones relativas al mantenimiento en áreas públicas. El estudio se basa en el relevamiento de pavimentos del partido de Avellaneda que incluye: antecedentes históricos, zonificación, registro de lugares de interés comunitario, esquema de inspecciones con registro de fallas, relevamiento fotográfico, etc. Con ello se realiza un mapeo y catalogación de fallas que hacen a la vida útil de los pavimentos y su mantenimiento. A partir de estos resultados se diseña una matriz de priorización para la toma de decisiones e intervención que contempla la tecnología del hormigón y sus materiales componentes, diagnóstico de vida útil, aspectos sociales y ambientales del entorno e impacto en la comunidad. La investigación está a cargo del equipo Tecnologías Constructivas Biosostenibles perteneciente al Grupo Calidad en la Producción y los Servicios de la UTN-Facultad Regional Avellaneda. El propósito último es lograr la concientización de la importancia del mantenimiento predictivo por sobre el preventivo.

Palabras Claves: Gestión de Calidad; Gestión de Obras Públicas; Control de Pavimentos; Acciones Preventivas y Predictivas; Mantenimiento.

ABSTRACT

The management of public road works represents a critical factor for productive and human development, it requires knowing the status of the situation to carry out its planning and decision making. The field of study of work is the management of urban pavement quality and the implementation of sustainable construction practices. The design of a model for the evaluation, control and prevention of pathologies in pavements is proposed as a management and decision-making tool related to maintenance in public areas. The study is based on the survey of pavements of the Avellaneda party which includes: historical background, zoning, registration of places of community interest, inspection scheme with registration of failures, photographic survey, etc. This makes a mapping and cataloging of faults that make the life of the floors and their maintenance. Based on these results, a prioritization matrix is designed for decision-making and intervention that includes concrete technology and its component materials, diagnosis of useful life, social and environmental aspects of the environment and impact on the community. The research is carried out by the Biosafety Constructive Technologies team belonging to the Quality in Production and Services Group of the UTN-Avellaneda Regional Faculty. The ultimate purpose is to raise awareness of the importance of predictive maintenance over preventive.

1. INTRODUCCIÓN

La introducción del concepto de sostenibilidad en el diseño de las construcciones viales, es relativamente reciente.

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en su Informe titulado «Nuestro futuro común» de 1987 [1] lo define como "el desarrollo sostenible es la satisfacción de «las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades». Se basa en tres aspectos fundamentales: desarrollo económico, desarrollo social y protección del medio ambiente.

La Norma ISO 15392 "Desarrollo sostenible en la construcción. Principios generales" identifica y establece los principios generales de sostenibilidad en la construcción.

Se basa en el concepto de desarrollo sostenible aplicado al ciclo de vida de las construcciones desde su concepción hasta el fin de su vida útil [2].

La demanda constante de infraestructura vial en nuestras ciudades está vinculado con el desarrollo socio económico de la comunidad en general, y por ende, exige la aplicación de metodologías de gestión que incluyan la valoración del perfil sustentable en las propuestas de desarrollo.

Sobre la base de los conceptos expresados anteriormente se encara el presente estudio adoptando como ejes centrales las prácticas sustentables en la ingeniería civil y el estudio del comportamiento de los pavimentos urbanos de hormigón.

Desde el punto de vista de la tecnología utilizada en el diseño de pavimentos rígidos tienen incidencia en la calidad final del material factores tales como los materiales componentes, sus características y las proporciones en que deben mezclarse, condiciones de entorno, lugar de emplazamiento, cargas y solicitudes a las cuales estará sometido, entre otras.

Todas esas previsiones de diseño determinan el tipo de pavimento a usar y los métodos constructivos más apropiados. Cuando las condiciones iniciales para las que se diseñó varían, el material puede ser afectado y con ello su vida útil proyectada.

Por otra parte, la inserción de la gestión de la calidad en el área de la construcción, y más recientemente la producción de material normativo en torno a la construcción sostenible, su aplicación en la gestión de ciudades y comunidades, la generación de indicadores, son avances orientados al desarrollo sostenible aplicados mundialmente, y que en nuestro país se encuentran en evolución y, por ende, deben ser consideradas en las áreas de gestión pública de infraestructura y planificación de obra.

En el trabajo se toman como caso las obras ejecutadas en el partido de Avellaneda (Figura 1. A. *Ubicación del Partido de Avellaneda en la Provincia de Buenos Aires. B. Detalles de zonas.*), donde se han desarrollado obras de infraestructura y mantenimiento, utilizando pavimentos de hormigón en algunos casos.

Se estudia el estado actual, las fallas y deterioros causados por las condiciones cambiantes en cuanto a diseño prestacional inicial, el medioambiente, deterioro de los materiales y estructuras en el tiempo, sistemas de mantenimiento aplicados, etc., que potencialmente alteran su vida útil.

A partir de la información relevada se diseña una matriz de catalogación, con la cual se construye un modelo que facilita la toma de decisiones en la gestión de planificación de organismos públicos vinculados a áreas de obras públicas, planificación e infraestructura.

En la matriz se incluyen aspectos relacionados con zonas o áreas urbanas, relevamiento y estado actual de los pavimentos, variación en las condiciones de uso, y otros factores que influyen en la durabilidad de dichos pavimentos, cotejando con información histórica.

Por otra parte, se integra al estudiante, deseoso de iniciarse en la investigación, aplicando las bases metodológicas de investigación-acción fortaleciendo su vinculación al desarrollo sostenible y la práctica profesional.

Se aplican para ello bases metodológicas de investigación-acción en la transmisión de conceptos, procedimientos, prácticas in-situ, experimentación y valores que colaboren en la formación del futuro profesional, alentando la práctica en investigación de nuestros estudiantes, fundadas en la responsabilidad social, tan necesaria para nuestro país.

El conjunto constituye un modelo de gestión preventiva y correctiva, aplicado a pavimentos del Partido de Avellaneda.



Figura 1. A. Ubicación del Partido de Avellaneda en la Provincia de Buenos Aires. B. Detalles de zonas. Fuente: Imagen extraída del sitio web oficial del municipio de Avellaneda.

2. ANTECEDENTES

Los pavimentos rígidos son una de las opciones más aplicadas, por su eficiencia y durabilidad, especialmente en las áreas de circulación más exigidas en servicio. Este tipo de pavimento genera un menor grado de impacto ambiental, considerando el ciclo de vida de la estructura o material más allá de la etapa de construcción. Sumado a ello, es necesario incluir en el análisis los aspectos que inciden en el entorno social y económico de la comunidad involucrada [3].

Los criterios de sostenibilidad para el análisis son los siguientes: ciclo de vida, durabilidad, eficiencia ambiental, seguridad en el tránsito, facilidad para su reciclado, contexto social y productivo.

Dentro del análisis del Ciclo de Vida (ACV) se incluyen los costos de extracción, fabricación, producción y transporte, mantenimiento durante la vida útil y disposición de residuos, de manera de lograr un subproducto no contaminante [4].

La inserción de la gestión de la calidad, en particular, aplicada a la construcción ha sido progresiva. La Norma IRAM 30100, es una guía de interpretación de la IRAM-ISO 9001 para la gestión de la calidad en la construcción, siendo su primera edición en el año 2002.

Además, se dispone del Reglamento CIRSOC 201, aprobado en 2012 en el que se contemplan aspectos de la tecnología relacionados con la resistencia y la durabilidad de las obras, con capítulos que hacen referencia a la implementación de normas de gestión de la calidad en las empresas proveedoras de hormigón y otras relacionadas con materiales componentes.

En cuanto a la normativa referida a la construcción sostenible, la Norma IRAM 11930:2016 establece los principios generales; la norma IRAM 11931: 2016 se refiere a la sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil y contiene una guía de aplicación de principios generales y las normas IRAM 21929:2014 en su parte 1 define el marco para el desarrollo de indicadores en edificios [5] y la IRAM 21929-2:2018 define el marco para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad para obras de ingeniería civil [6].

La mirada de la sostenibilidad en las ciudades y comunidades se ha incluido en la Norma IRAM 37119:2019- "Desarrollo sostenible en las ciudades y las comunidades. Sistema de gestión para el desarrollo sostenible. Requisitos con orientación para su uso", la cual entró en vigencia recientemente.

El equipo de investigación Tecnologías Constructivas Biosostenibles desarrolla actividades en estas temáticas desde el año 2006 en el Departamento de Ingeniería Civil (Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional).

En el año 2016 se inician los estudios para el desarrollo de un "Modelo de Evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos del partido de Avellaneda, desde la perspectiva de la construcción sostenible" (Fase I), proyecto de investigación y desarrollo (PID) homologado por UTN, adoptando dos ejes centrales: las prácticas sustentables en la ingeniería y el correspondiente estudio del comportamiento del hormigón.

En 2019 se inicia la Fase II del proyecto indagando en particular, en la influencia de los agregados en la calidad del pavimento y su durabilidad en hormigones tradicionales y hormigones que utilizan en su composición agregados reciclados.

3. OBJETIVOS

Se propone diseñar e implementar un Modelo de evaluación, Control y Prevención de Patologías en Pavimentos Urbanos, desde la perspectiva de la construcción sostenible, como aporte para la planificación y gestión de pavimentos urbanos, en particular los pavimentos rígidos, aplicable al Partido de Avellaneda. Las actividades incluyen: La elaboración de una metodología específica fundada en pautas de investigación-acción para la formación de estudiantes técnicos y universitarios, en materia de estudio y mejora de desempeño de pavimentos urbanos.

El diseño de una guía de buenas prácticas basada en los conceptos de sostenibilidad para la detección y acción preventiva de las patologías presentes (fallas, su tipología, grado de riesgo, factibilidad de reparación), que incluye la elaboración de un catálogo.

Con la información recabada se construye una matriz de evaluación e intervención estratégica basada en los aspectos técnicos mencionados, considerando el grado de relevancia de su funcionalidad en servicio para la comunidad y su medio de productivo.

El propósito final es crear conciencia y propender la inclusión de pautas que contemplen los conceptos de construcción sostenible en el diseño de futuros pavimentos.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1. El hormigón como material base.

El hormigón es un material que requiere un mínimo de intervención en el mantenimiento y su reparación cuando se implementan técnicas de control sistemáticas de carácter preventivo, incidiendo estas acciones en su durabilidad. Una de las principales ventajas que ofrece el pavimento de hormigón es su rigidez, siendo capaz de distribuir la carga a una superficie mayor: principal ventaja a la hora de aplicar este material en arterias de alto y pesado tránsito. Su color claro, que brinda una mayor reflexión de la luz solar, reduce la temperatura media del ambiente y además, reduce los gastos de mantenimiento y los costos en cuanto al alumbrado urbano.

En este tipo de pavimentos, no se produce el ahuellamiento por cargas excesivas ni sufre por el frenado y aceleración de los vehículos, lo cual redundaría en una mayor durabilidad.

El aporte de nuevas tecnologías facilita que los pavimentos de hormigón [7] resulten construidos con mayor accesibilidad, ya sea tanto para obras de pequeña envergadura como de obras de amplia traza.

Desde una simple calle, se logra la colocación del material con tecnología vibratoria, tecnología accesible y que no requiere una alta capacitación de personal idóneo para la tarea. En aquellos casos donde la traza es ampliamente más extensa, los equipamientos varían, como ser terminadoras de rodillos, pavimentadoras de encofrados deslizantes, todas ellas brindan calidad en la obra, reduciendo los costos de ejecución.

4.2. Sostenibilidad en la construcción de infraestructura.

En el análisis del Ciclo de Vida de las estructuras se consideran aspectos económicos, sociales y ambientales. En este sentido, la propuesta del Comité Técnico ISO/TC 207 para el análisis del

Ciclo de Vida [8] ha sido relevante y tema de estudio de organismos específicos. En la Tabla 1. *Ciclo de vida de pavimentos de hormigón*, se detallan algunos puntos incluidos.

Tabla 1. *Ciclo de vida de pavimentos de hormigón*

Etapa	Puntos o elementos incluidos
Producción del hormigón	Materias primas
	Transporte y Almacenamiento
	Elaboración
Construcción	Transporte
	Procesos de construcción (colocación y curado)
Utilización en servicio	Mantenimiento
	Reparación y sustitución de piezas
	Rehabilitación
	Consumo de recursos
Disposición final	Demolición
	Transporte
	Reciclado / Reaprovechamiento (Tecnologías)
	Disposición Final

La vida moderna lleva a un mayor grado de exigencia en cuanto a los desarrollos en infraestructura, tanto nuevos como la mejor de los existentes. En el caso de los caminos en particular, posibilita una mejora en la calidad de vida de los habitantes de ciudades, pueblos, etc., ya que reduce los tiempos de traslado, mejora la seguridad en la circulación, reduce los índices de siniestralidad y, con el tiempo, fomenta el desarrollo y asentamiento de nuevos grupos humanos que, a partir del simple hecho de haber instalado “infraestructura”, crea nuevos vínculos humanos.

4.3. Metodología.

Como se mencionó en puntos anteriores para lograr generar un sistema de control es necesario diseñar métodos y procedimientos basados en el análisis completo de la vida útil de la estructura, seleccionando los materiales apropiados, encarando también el estudio de rehabilitación y reconstrucción.

Se trata de un estudio exploratorio aplicado en el campo práctico profesional, en el cual se desarrollan actividades docentes investigadores, graduados y estudiantes de ingeniería civil.

Se aplican las bases metodológicas de investigación - acción para la formación de los investigadores y se interactúa con profesionales del medio para facilitar la transferencia del modelo y su aplicación. El proyecto se centra en la selección de zonas para el modelado, realizando el relevamiento, análisis y evaluación detallada del comportamiento del pavimento, detección de factores intrínsecos y extrínsecos que influyen, así como, de las circunstancias a las cuales se encuentra sometido. Se toma como marco de referencia la información histórica disponible en los archivos de los organismos.

Los resultados son tomados como base para un mapeo y elaboración del manual ó guía de evaluación y mantenimiento predictivo de los pavimentos.

La detección de las patologías existentes, el análisis de sus causas brinda pautas para la propuesta de soluciones e intervención más adecuadas para la valorización y extensión de la vida útil del material en servicio.

Del desarrollo del programa de actividades surge el modelo, el cual incluye un conjunto de instrumentos destinados a realizar un diagnóstico actual y registrar periódicamente el estado de los sectores seleccionados.

4.3.1. Actividades realizadas

Las acciones se enfocan dentro del cronograma previsto en el relevamiento, detección de patologías y diagnóstico del estado de los pavimentos urbanos en el Partido de Avellaneda, orientado en los preceptos de la construcción sustentable, a fin de generar un modelo de Evaluación, Control y Prevención de patologías en pavimentos urbanos y su mantenimiento.

En la Figura 2. *Esquema del Modelo de Evaluación, Control y Prevención*, se presenta un esquema del Modelo desarrollado.

Se trata de un modelo dinámico ya que se modifica con los datos que se agregan en las sucesivas intervenciones.

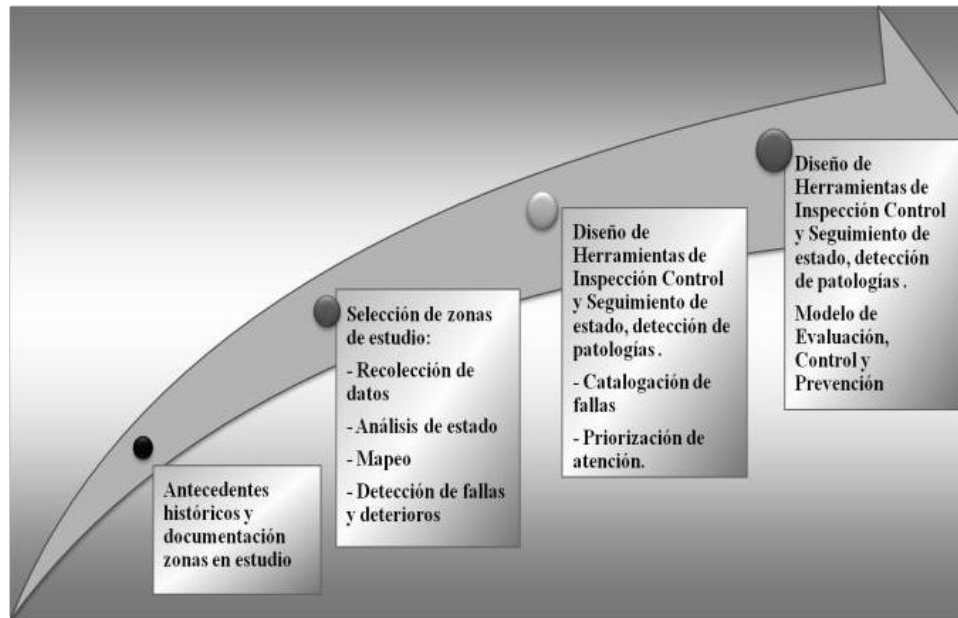


Figura 2. *Esquema del Modelo de Evaluación, Control y Prevención*. Fuente: diseño de esquema de estudio elaborado por el equipo de investigación

En este contexto las acciones comprenden:

- La recopilación de antecedentes en investigaciones, desarrollos, documentos técnicos, etc., sobre la temática de estudio, realizadas en nuestro país, Latinoamérica y el resto del mundo.
- La elaboración una carta básica de patologías habituales presentes en los pavimentos de hormigón.
- La recopilación y análisis de los antecedentes históricos existentes de las obras de pavimentos en la zona (tipo de materiales, antigüedad de la obra, y otros datos de interés).
- La selección e identificación de las áreas de estudio, considerando variables explicadas.
- El diseño de una guía de inspección para la caracterización de los pavimentos y sus materiales componentes, la detección de patologías y tipo de ensayos a aplicar.
- El relevamiento del estado actual de los pavimentos y clasificación de las patologías existentes, conforme la guía de inspección.

A priori, se seleccionó un grupo de pavimentos diferenciados por zona y transitabilidad, basándose en el criterio de alta, media y baja transitabilidad.

- El diagnóstico con elaboración de un Mapeo de Pavimentos por zona relevada. Del análisis de los datos sobre los pavimentos relevados se elabora un esquema de mapeo de la situación actual, con el fin de generar un diagnóstico.
- El modelo prevé la realización de registros fotográficos, toma de muestras en los casos en que resultan pasibles de ser extraídas, ejecución y evaluación de ensayos en laboratorio.
- La exploración de datos relativos al comportamiento en su vida útil, tales como información relativa a cambios de condiciones de planificación, que difieren de las previstas en su diseño, realizadas en el tiempo que puedan influir en la vida útil del pavimento, registro cronológico de los indicios de deterioros y tipificación de patologías.

Se considerarán los aportes del autor Giovambattista, A. [9], sobre Reglamento CIRSOC 201.

- La información relevada se aplica en una matriz de priorización, elaborada para tal fin, en la que se realiza una valoración del estado técnico de servicio de los pavimentos y por otra parte, se somete a valor el contexto social, en tanto y cuanto la significación que representa ese pavimento para el entorno o zona de emplazamiento (por ej. se trata de una acceso a zona de centros de salud, a centro de educación primaria o es el acceso principal a un barrio o centro comunal).

- El diseño y elaboración de un Manual donde se desarrollará el modelo de evaluación, el análisis predictivo, los métodos preventivos y de mantenimiento y recomendaciones en la reparación de las estructuras analizadas. Recomendaciones de reaprovechamiento de materiales, reciclabilidad. En particular para la Fase II, se elaborará un apartado sobre reutilización de agregados en los hormigones reciclados.

Se espera que el desarrollo contribuya fortalecer la relevancia que tiene la inversión preventiva en el diseño de las estructuras de hormigón (Maldonado, G., Carrasco, M.) [10].

Además se realizan permanentemente actividades de difusión de los resultados y su transferencia a las áreas técnicas vinculadas con obras públicas (técnicos y profesionales), en particular, las locales y en el ámbito universitario, para la formación de recursos humanos.

5. RESULTADOS

Las actividades se desarrollan con el grupo de investigación Construcciones Biosostenibles, conformado por estudiantes, graduados, personal de apoyo a la Investigación y docentes investigadores de la carrera Ingeniería Civil. En este marco, se fortalece la formación del futuro ingeniero civil que, además de fomentar el desarrollo de sus conocimientos, promueve el compromiso del egresado con el medio social en el cual se encuentra inserto y el crecimiento productivo.

Se trata de una metodología específica fundada en pautas de investigación-acción para la formación de estudiantes, técnicos y universitarios, en materia de estudio y mejora de desempeño de pavimentos urbanos

Se han explorado registros históricos de la planificación de las vías principales de la ciudad.

Se elaboró un manual de evaluación y mantenimiento predictivo de patologías.

Se continúa con la ejecución de las actividades que corresponden al proyecto en su Fase II que incluye nuevos relevamientos de zonas ya inspeccionadas en la Fase I del proyecto, para verificar la evolución de patologías.

Se diseñó el esquema básico de registro de datos para el relevamiento.

Se han elaborado Fichas de Relevamiento Visual que incluyen información sobre el estado, detección de fallas y tipificación.

Las fichas se complementan con un registro fotográfico de las zonas críticas representativas de los hallazgos.

Se trata de toma de imágenes de los pavimentos con vista general y de detalle para todos los casos, es decir, se realizan tanto para los casos en que no presentan fallas como en los que presentan hallazgos de funcionamiento deficiente. Dicho registro incluye las patologías habituales, una descripción detallada de hallazgos, su cuantificación y extensión.

Las inspecciones se realizan contrastando con el catalogo diseñado que contiene una carta básica de patologías habituales en los pavimentos de hormigón y su diagnóstico. Para ello se seleccionó un grupo de pavimentos diferenciados por zona y transitabilidad.

En cada caso se realiza un registro fotográfico de patologías presentes y con la información se elaboraron las fichas de relevamiento. En la Tabla 2. *Contenido de Ficha de Relevamiento Visual* se observa el esquema de ficha.

Tabla 2. *Contenido de Ficha de Relevamiento Visual*

Aspecto	Registro descriptivo	Registro fotográfico/gráfico	Valoración general ó Código
Datos básicos de ubicación	Zona - Tipo de pavimento y tránsito - Cantidad de losas - Muestra	Zona plano	Código Mapeo
Estado del pavimento	Codificación - Tipo de Defecto /Falla - Extensión/Profundidad	Imagen	Estado - % Afectación Calificación
Contexto ambiental	Dificultades de infraestructura - topografía de terreno - climatológicas - hidrológicas - contaminación - población (zona residencial-industrial)	Imagen	Contexto incidencia Calificación

A modo de ejemplo, se pueden observar en la Figura 3 la Ficha de relevamiento tipo y en la Figura 4, el Registro fotográfico de un pavimento y descripción de fallas.

1. INFORMACIÓN DEL RELEVAMIENTO			
FECHA	20/05/2019	CÓD. RELEVAMIENTO	R9020
HORA	03:15:00 p. m.	TEMP. AMBIENTE (C)	16
CANT. LOSAS INSPEC.	20	COND. CLIMÁTICAS	Nublado
2. SITUACIÓN / EMPLAZAMIENTO			
CALLE	Oniel, Brandon al Oniel Lynch y Marino	ZONA	Urbia
POBLACIÓN	Zona residencial	TRANSITO	Bajo
TOPOGRAFIA	Llano	FLUJO	Bajo
3. CARACTERÍSTICAS			
TIPO DE PAVIMENTO	Hormigón	LONGITUD TOTAL [m]	65
ANCHO DE CALZADA [m]	7.10	CORDÓN	SI
RAMPA Y SUMIDERO	Rampas no. sumideros al	TAPAS DE INSPECCIÓN	SI
TAMAÑO MÁX. LOSA [m]	6.5	TAMAÑO MÍN. LOSA [m]	3.50x3.50
SEPARACIÓN LOSAS [m]	3.50	COND. DRENAJE	Malo
CÓDIGOS Y TIPOS DE FALLAS			
01	Levantamiento	10	Bombas
02	Rotura de esquina	11	Cuarteo / fisuras en mapa
03	Fisura long., transvers., diag.	12	Escalcamiento
04	Fisura de durabilidad	13	Losa partida
05	Daño en el sellado de junta	14	Fisura de contracción
06	Deterioro en bacheo	15	Peledura
07	Bacheo	16	Falta de textura superficial
08	Exudación	17	Pérdida de mortero
09	Desintegración	18	Deformación
OÍDIO DE FALLA	EXTENSIÓN / PROF.	Nº LOSAS AFECTADAS	% DE AFECTACIÓN
03		16	80%
05	3cm	6	30%
07		2	10%
11	3cm	4	20%
ESQUEMA			

Figura 3. Ficha de relevamiento tipo

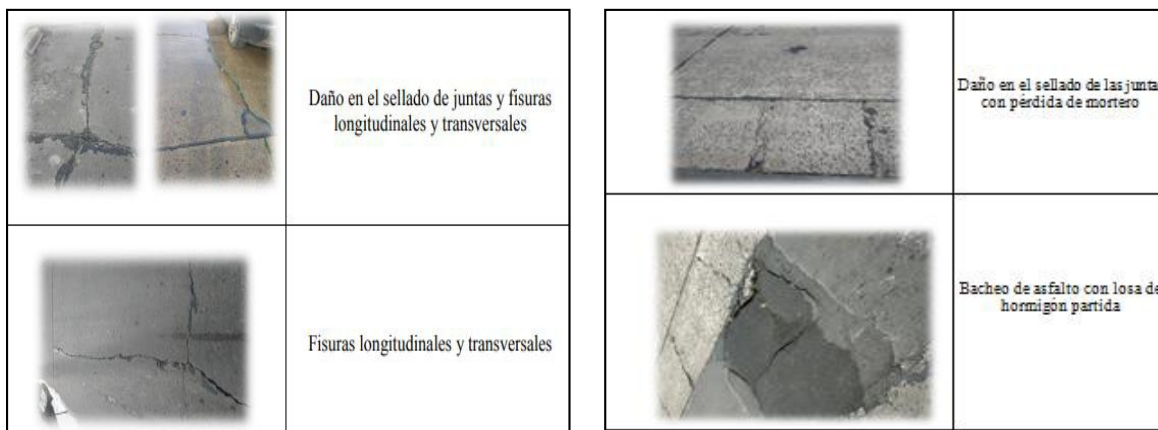


Figura 4. Registro fotográfico de un pavimento y descripción de fallas

Tal como se indicó anteriormente, se toma como base la construcción sostenible. A partir de allí y con los resultados obtenidos, se genera un modelo de Evaluación, Control y Prevención de patologías en pavimentos urbanos y su mantenimiento.

Se elaboró una tipificación de zonas en función de aspectos situacionales, considerando en el análisis: el contexto social, situaciones de entorno o zona de emplazamiento, ubicación de centros de atención primaria, centros comerciales, industriales, infraestructura escolar, entorno ambiental, registros climatológicos anuales y parámetros relacionados, entre otros.

Se determina el impacto social derivado de las fallas en cada zona.

Asimismo, con la información reunida y el análisis de los datos obtenidos se encuentra en elaboración una guía destinada a facilitar la aplicación de buenas prácticas para la detección de las patologías y de acciones correctivas y preventivas enfocada en la construcción de pavimentos locales, sus métodos de colocación, control y uso que valoricen la durabilidad de pavimentos y su servicio como parte de la infraestructura pública.

Se realiza la difusión y transferencia de los conocimientos adquiridos a través de artículos de difusión, trabajos científicos en congresos nacionales y latinoamericanos, formación de

estudiantes de carreras de grado y posgrado de ingeniería y se difundieron las prácticas y resultados ante consejos profesionales del área de la ingeniería, a fin de propiciar la aplicación de métodos que integren las buenas prácticas en la construcción y mantenimiento de pavimentos urbanos.

Se elaboró una tipificación de zonas en función de aspectos situacionales, determinándose el impacto social estimado que deriva de las fallas detectadas en cada zona. Se ha considerado en el análisis: el contexto social, situaciones de entorno o zona de emplazamiento, ubicación de centros de atención primaria, centros comerciales, industriales, infraestructura escolar, entorno ambiental, registros climatológicos anuales y parámetros relacionados, entre otros.

En función de la información relevada se aplicará una matriz de priorización donde se ponderan la incidencia de zona, tipo de vía de comunicación, contexto ambiental y social, estado, tipo de fallas, patologías y grado de deterioro, factibilidad de la reparación, reemplazo y de aplicación de nuevas tecnologías.

Se promueve la aplicación de un sistema de evaluación de las estructuras, utilizando el análisis predictivo para orientar al usuario en el mantenimiento preventivo de pavimentos urbanos y, en los casos de presencia de fallas, orientar sobre las posibles formas de reparación incluyendo los conceptos de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se espera aportar conocimiento científico y tecnológico a través de este desarrollo, en la transferencia hacia el medio productivo y social del partido de Avellaneda, y, de resultar de interés, hacia otras áreas de la provincia de Buenos Aires. Además, consideramos importante el aporte en la formación específica de los estudiantes investigadores de la carrera de Ingeniería Civil y de carreras de posgrado relacionadas con la temática en estudio.

Conjuntamente con la factibilidad de realizar el análisis predictivo aplicado a la evaluación de las obras de pavimentos rígidos urbanos, el modelo servirá para orientar al usuario en el mantenimiento preventivo, orientará sobre métodos de acción tendientes a la reparación. Asimismo, enfatiza en la aplicación de nuevas tecnologías orientadas a la gestión de la sostenibilidad, tales como el reaprovechamiento de materiales, en principio con la incorporación de agregados a los diseños de mezclas.

El Modelo de intervención plantea un conjunto de herramientas útiles para la gestión y el desarrollo urbano. Su contribución fortalece el vínculo de la Universidad con el entorno social y productivo. Por otra parte, representa la transferencia de nuevos conocimientos y tecnologías desde la universidad hacia la gestión pública, con la perspectiva de la sostenibilidad de ciudades, el cuidado del medio ambiente y la mejora continua de la calidad en beneficio de la comunidad.

En cuanto a la formación de recursos humanos en investigación y en lo relativo a la práctica profesional, el intercambio de experiencias posibilita la consolidación del equipo de investigación y resalta el valor significativo de la responsabilidad social de los profesionales tecnológicos.

La implementación de metodologías de investigación- acción se traducen en la formación práctica de estudiantes de Ingeniería Civil en investigación e integración de conocimientos en nuevas tecnologías y procedimientos de relevamientos en pavimentos de hormigón, la realización de ensayos y el control a la práctica profesional.

Se promueve el interés en las prácticas de construcción sostenible, el cuidado del medio ambiente y el aseguramiento de la calidad de las construcciones viales.

A lo largo del desarrollo del proyecto han intervenido estudiantes y becarios de investigación, algunos de los cuales ya se han graduado. También se han formado estudiantes extensionistas extranjeros. Actualmente participan diez (10) estudiantes investigadores del país, de diferentes avances en sus carreras de grado y un (1) estudiante de intercambio académico extranjero. Además, participan dos (2) estudiantes de carreras de posgrado, uno en el campo de la planificación y gestión de la ingeniería urbana y el otro de doctorado en materiales, ambos en preparación de sus trabajos de tesis. En todos los casos además de fortalecer su formación profesional orientan la actividad hacia la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Las contribuciones de los actores sociales potencian el trabajo, enriquecen la experiencia, y plantean la apertura a nuevos campos para la mejora continua en la planificación y gestión de obras públicas. Este aprendizaje posibilita la aplicación de mejoras en el desempeño de los modelos constructivos, considerando criterios de sostenibilidad en la construcción.

Por último, la difusión y transferencia a grupos de trabajo brinda herramientas para el mejor desempeño del diseño y construcción de los pavimentos, dando la posibilidad de realizar prácticas supervisadas.

Las obras públicas deben ser encaradas con la participación de los actores sociales que intervienen en una comunidad: desde los equipos técnicos que conforman las áreas técnicas específicas hasta los investigadores y técnicos que llevan a cabo sus investigaciones en instituciones universitarias.

Se anhela contribuir desde la universidad con herramientas aplicables a la planificación y gestión que promuevan la mejora continua de la calidad en este tipo de construcciones, donde se incluyen las perspectivas de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

7. REFERENCIAS

- [1] ONU (2012). *La Sostenibilidad del Desarrollo a 20 Años de la Cumbre para la Tierra. Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe*. Documento Rio + 20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Chile.
- [2] ISO (2008). *Norma ISO 15392. Desarrollo sostenible en la construcción. Principios generales*. Internacional Standard Organization ISO.
- [3] Rama Labrador, Francisco (2013). *Manual de conservación de los Pavimentos en la red viaria urbana*. Madrid, España. 1° edición. Bellisco, Ediciones técnicas y científicas.
- [4] Vázquez Espi, M. (2001). "Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales". *Informe de la construcción*. Vol. 58, N°471. Madrid. España.
- [5] IRAM (2014). *IRAM 21929-1:2014. Construcción sostenible en edificios. Indicadores de sostenibilidad. Parte 1 - Marco para el desarrollo de indicadores y de un conjunto fundamental de indicadores para edificios*.
- [6] IRAM (2018). *IRAM 21929-2:2018. Construcción sostenible en edificios. Indicadores de sostenibilidad. Parte 2 - Marco para el desarrollo de indicadores para obras de ingeniería civil*.
- [7] Brunatti, C., Fernandez Luco, L. (2011). "El pavimento de Hormigón. Un camino sustentable". *Memorias IV Congreso Internacional, 18° Reunión Técnica "Ing. Cleto Agosti"*. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Editores: O. Cabrera, J. Sota. ISBN:978-987-21660-4-5. Mar del Plata, Pcia. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Rieznik Lamana, N.; Hernández Aja, A. (2005) *Análisis del ciclo de vida. Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Madrid, España. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>.
- [9] Giovambattista, A. (2011). *Hormigón. Materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el Reglamento CIRSOC 201-2005*. 1° Edición. ISBN 978-950-532-153-7. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires. Argentina.
- [10] Maldonado, G.; Carrasco, M. (editoras) (2012). *Ese Material llamado Hormigón*. Buenos Aires. 2da. Edición, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer la colaboración en las actividades de investigación a los estudiantes de Ingeniería Civil, el apoyo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN- Facultad Regional Avellaneda y del Grupo de Investigación UTN Calidad en la Producción y los Servicios - Ca.Pro.Ser.

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental de las industrias de la región.

Figueira Analia; García Mauricio; Morris Jonathan; Laffitto Cristina*

14 Facultad de Ingeniería –Universidad de Lomas de Zamora, Ruta prov. 4 y Av. Juan XXIII
Lomas de Zamora, anifiqueira@gmail.com

RESUMEN:

En la actualidad urge encontrar soluciones estratégicas para minimizar el impacto ambiental de las actividades antrópicas. En ese sentido, la ONU (Organización de las Naciones Unidas) desarrolló los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) como lineamiento generales para que las naciones u organizaciones públicas y privadas puedan centrar sus esfuerzos, recursos y obtener resultados concretos, de los 17 Objetivos se determinaron 169 metas para cumplir antes del año 2030. Una ventaja es que pueden aplicarse en diferentes niveles institucionales desde las naciones a las pequeñas empresas. Entre los objetivos se encuentran energía asequible y no contaminante, Industria Innovación e infraestructura, producción y consumo responsable. En este contexto, la presente línea de investigación buscará analizar la aplicabilidad de los ODS en las industrias de la región de influencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Bajo la hipótesis que estos objetivos pueden permitir a las industrias tener un diagnóstico general de su gestión ambiental y un marco que permita estructurar acciones para disminuir impactos ambientales, competitividad energética y determinar el compromiso actual y potencial con la sociedad.

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Pymes, Aplicabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Para que todos los países del mundo puedan afrontar los problemas ambientales, sociales y económicos presentes hoy en día, la ONU (Organización de las Naciones Unidas) estableció 17 objetivos con un total de 169 metas a cumplir hasta el año 2030, a estos objetivos se los denominó “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS) y a todo el plan de acción en su conjunto se lo denominó “Agenda 2030” (Imagen 1). Su propósito es el de garantizar un desarrollo que satisfaga las necesidades actuales pero sin perjudicar la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas [1].



Imagen 1: Enumeración de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sustentable) – ONU [1]

Un aspecto a destacar de los objetivos es que, si bien cada uno apunta hacia una problemática específica, se encuentran interrelacionados entre sí, lo que quiere decir que el éxito de uno afecta el de otros. Esto ocurre ya que la finalidad es destacar la importancia de integrar las necesidades económicas, ambientales y sociales, dejando de manifiesto los vínculos e interdependencias existentes entre estos 3 pilares. Además, se redactaron 169 metas las cuales son claras y precisas, y permiten comprobar que los objetivos se están cumpliendo. Cada objetivo posee sus propias metas a cumplir, si todas están logradas con éxito el objetivo está cumplido. Cabe aclarar que, estas metas están planteadas de manera que cada nación pueda adaptarlas a sus contextos propios, y a su vez, permitan desarrollar indicadores para corroborar su cumplimiento. [2].

En este contexto, Las empresas al ser los principales entes creadores de empleo, crecimiento económico y una fuente de tecnología e innovación representan un rol fundamental para el cumplimiento de la agenda 2030, y más allá, que en algunos casos lo ignoren, tienen un interés propio en contribuir al alcance de las metas propuestas por los ODS. Cualquier empresa se encuentra imposibilitada de tener éxito en sociedades que fracasan, y por lo tanto, deberían estar interesadas en la estabilidad y prosperidad de las sociedades que las rodean [3].

Uno de los mayores desafíos de una Industria PyME (pequeña y mediana empresa) es poner en práctica e implementar los objetivos y las metas de desarrollo sostenible planteadas por La ONU. Actualmente, las PyMEs (pequeñas y medianas empresas) constituyen el 99% de las empresas argentinas, las cuales, según el Ministerio de Producción y Trabajo, son aquellas con menos de 200 ocupados, mientras que el resto son empresas grandes las cuales representan solo el 0,6% (3.539 empresas) y son todas aquellas que cuentan con más de 200 ocupados (Figura 1). Además cabe aclarar que las PyMEs son las que más trabajadores emplean: acumulan 64,8% del empleo privado formal total y un 58,4% del empleo privado formal en industrias manufactureras (Figura 2). En Buenos Aires la situación es muy similar aunque los valores incrementan: como se observa en la Figura 3, las PyMEs pasan a ocupar un rol más importante con un 99,5% de las empresas totales, y a su vez las mismas se convierten en un 70% del total del empleo privado formal en toda la provincia [4].

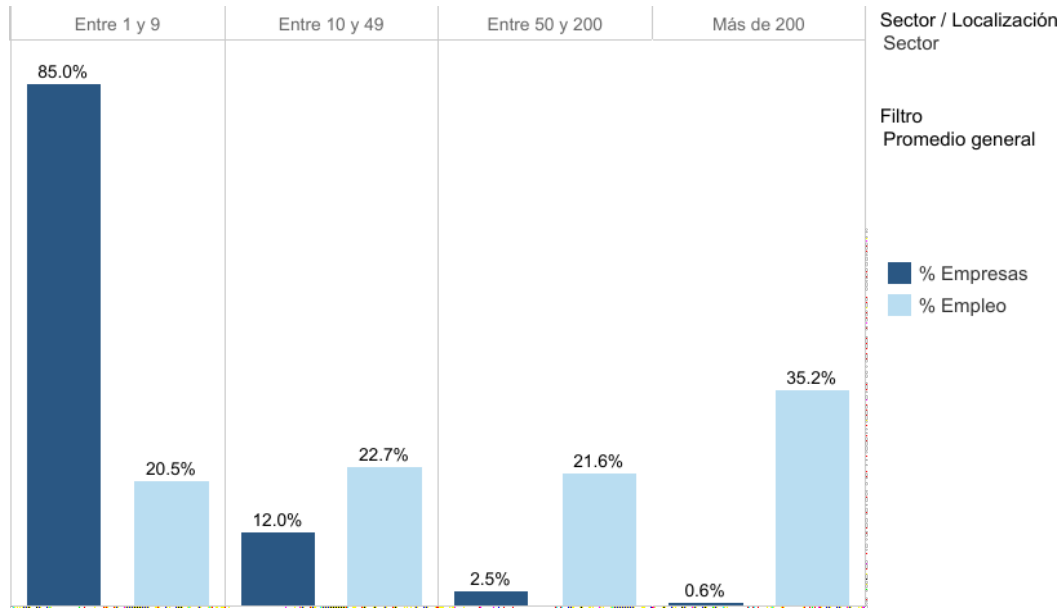


Figura 1: Distribución de las empresas y del empleo privado formal en Argentina - año 2017- Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

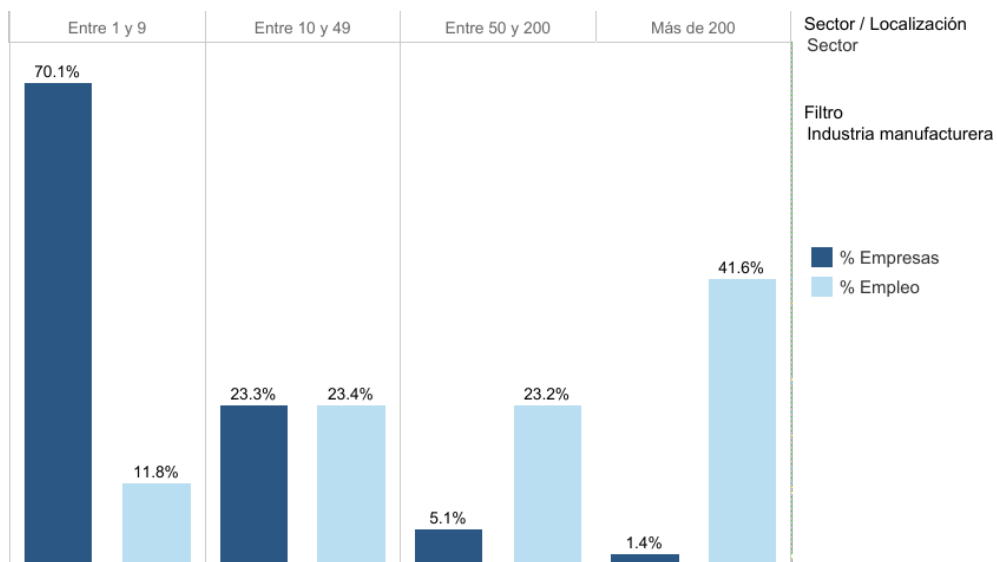


Figura 2: Distribución empleo en la Industria Manufacturera en Argentina - año 2017 - Fuente Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

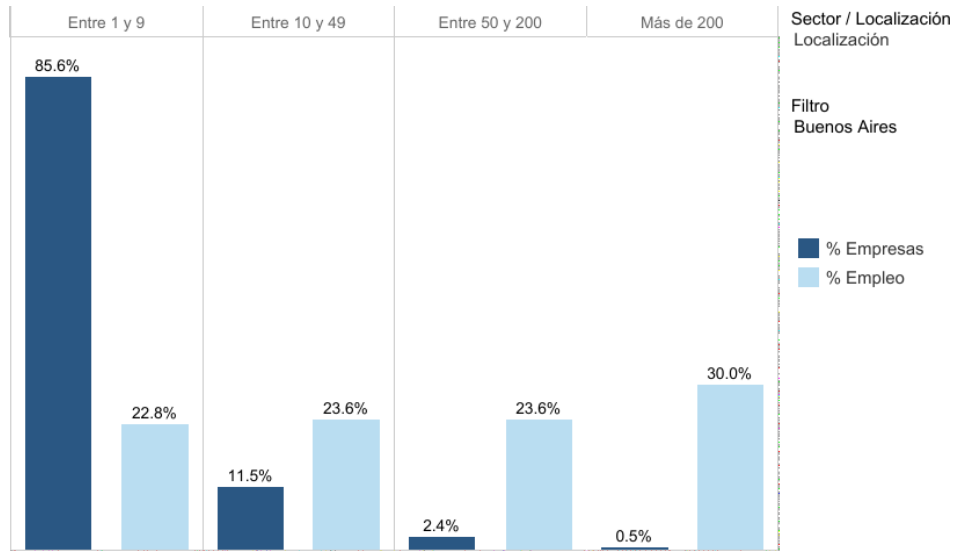


Figura 3: Distribución de las empresas y del empleo privado formal en Buenos Aires - año 2017 - Fuente Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

Todos estos datos resultan de suma relevancia, dado que a causa de ellos se decidió enfocar la investigación a las pequeñas y medianas empresas. Estas representan una enorme influencia en toda la sociedad argentina y especialmente la bonaerense, y desde ellas será primordial trabajar para cumplir el desarrollo sostenible. Es totalmente necesario demostrar que con el sector privado dirigiendo sus esfuerzos en la dirección correcta, los resultados no solo serán mejores sino que sin su inclusión no será factible lograr las metas propuestas, y que además, se proporcionarán enormes ventajas a las industrias que aborden activamente los ODS. [5]

No obstante, es importante entender que para cambiar las prácticas de producción y consumos (objetivo 12) o para combatir el cambio climático (objetivo 13) es necesaria la participación de las empresas de todos los tamaños. Más aún dentro del cambio que hoy exige la matriz energética argentina, garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna (objetivo 7) se vuelve crucial.

2. MARCO TEÓRICO

Hoy existen distintas herramientas para evaluar la sostenibilidad de una organización empresarial o industrias. En el caso de Colombia, se opta por la utilización 3 grandes directrices: las categorías económicas, sociales y ambientales. Así, cada una de ellas tiene una serie de aspectos que deben ser tratados y analizados de una forma correcta. La guía empleada es conocida como GRI en su versión G4 creada por The Global Reporting Initiative que al ser integradas a la gestión empresarial conlleva al cumplimiento de los ODS. Desde ese punto de vista se categoriza las empresas colocando porcentajes en cada uno de las directrices, por ejemplo: la empresa Nutresa que fue destacada como empresa líder en la sostenibilidad debido a su compromiso con los tres ejes anteriormente nombrados. Económicamente hablando, tiene en cuenta el riesgo, el manejo de la crisis, estrategias de mercados emergentes, salud. Con los cuestionamientos Ambientales, hace referencia a estrategias de clima, sistemas de gestión ambiental aprovisionamiento de materias primas, reporte ambientales. Sobre el eje social tiene en cuenta el desarrollo del capital humano, indicadores de prácticas laborales y la seguridad y salud ocupacional. [6]

A su vez, los informes de sostenibilidad son una herramienta útil para las empresas en el momento de dar a conocer cómo se relacionan los ODS con la compañía. Adicionalmente, a partir de esta información se obtienen los recursos necesarios para diseñar un plan de acción que le permite a la empresa aportar a las metas y se relacionen con su desempeño en sustentabilidad. Estos informes son la realización de un documento que muestra la participación del sector privado en las distintas áreas. Como ser, en el área económica generando modelos inclusivos sostenibles y sustentable de crecimiento. Más aún, la herramienta es de suma

importancia para enfatizar sobre la recolección de datos provenientes de la medición del desempeño, considerándose una necesidad de compromiso con la transparencia pública y de compartir información. Considerando finalmente, el papel de la regulación que promueva políticas de inversión responsable y que requiera que las empresas, en carácter obligatorio muestran las dimensiones económicas, ambientales, social y de gobernanza. [7]

En Argentina, la Red del Pacto Global es la iniciativa de responsabilidad social corporativa que incluye a empresas, instituciones educativas y organizaciones de la sociedad civil. Los principios y valores que guían el accionar de sus integrantes se alinean plenamente con los ODS [8]. Por ello, han asumido un rol significativo de compromiso en la implementación de los ODS en el ámbito empresarial, buscando incidir y difundir los principios de la agenda entre los miembros de este sector clave. El Informe utiliza como fuente principal las Comunicaciones sobre el Progreso (COPs), esto es, los reportes que las empresas adheridas al Pacto Global entregan anualmente para informar sobre el alineamiento de sus estrategias empresariales a los principios universales de derechos humanos, estándares laborales, ambiente y lucha contra la corrupción. Entre los hallazgos más interesantes podemos mencionar que existe un grupo de ODS que las empresas más frecuentemente mencionan en sus reportes y son los ODS 4, 7, 8, 12 y 13 vinculados con la educación de calidad, la energía limpia, el trabajo decente, la producción y el consumo sostenible y la acción por el clima. El estudio muestra, también, que las empresas PyMEs están reportando sus contribuciones a los ODS. EL período que abarca el informe es desde enero 2016 a Noviembre 2017 y se ha identificado que 66 de los 218 reportes analizados menciona su aporte a los ODS, lo que demuestra el estado inicial de la adhesión a la agenda 2030, dando hincapié a continuar investigado la manera que las industrias y empresas de todos los tamaños tenga accesibilidad a los 17 objetivos y las 169 metas de las que venimos hablando.

3. METODOLOGÍA

En los últimos años, una de las metodologías más aceptadas a nivel global para realizar memorias de sostenibilidad empresarial es la guía creada por The Global Reporting Initiative, conocida como GRI en su versión actual G4. The Global Reporting Initiative es una organización que tiene como fin ayudar a las organizaciones, empresas y gobiernos a entender y comunicar el impacto de los factores de sostenibilidad [9]

En esta etapa y para iniciar el proyecto de investigación se realiza una matriz de confrontación, con características similares a la del GRI [6], en la cual se determina cuáles son las metas más aplicables para cada rubro de la industria PyME.

En primer lugar, se genera una lista con los rubros de industrias que se encuentran en la cercanía de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ya que ese fue el alcance determinado para el estudio. Esta lista se genera en base a la información obtenida en de la página del Ministerio de Producción y Trabajo y considerando la zona anteriormente nombrada [2]. Por lo tanto, se analizan los rubros representados en la figura 4. Se excluyeron aquellos rubros de empresas de comercio y las dedicadas a la actividad financiera ya que el objetivo del estudio es investigar a empresas industriales, es decir, aquellas que se dediquen a actividades productivas o provean algún servicio a las mismas.

Agricultura y Ganadería
Alimentos y Bebidas
Automotriz
Cerámicos
Construcción
Fabricación de materiales eléctrico
Frigorífico
Metalúrgica y siderúrgica
Industrias del caucho y plástico
Madereras y papeleras
Química y farmacéutica
Textil y cuero
Transporte y almacenamiento

Figura 4: Listado de Industrias elegidas para comparar con los objetivos de desarrollo sustentables - elaboración propia.

A continuación, se elabora un listado con todos los objetivos y metas de desarrollo sustentables redactadas por la ONU. Si bien son metas muy claras y concisas, se analizaron distintos tipos de bibliografía para su mejor interpretación.

Finalmente se genera la matriz de evaluación de aplicabilidad de las metas en cada industria, considerando el valor 1 para metas no aplicables, 2 para metas medianamente aplicables y 3 para las metas que son completamente aplicables. Y de esta manera, obtener porcentajes de cada objetivo. La aplicabilidad o no de una meta corresponde a las posibilidades que posee la industria de llevar a cabo esa meta. Algunas de estas metas se han generado para ser cumplimentadas por estados o gobiernos. Esto no quiere decir que no se pueda generar otros tipos de accionar que acerque a la actividad industrial a la sustentabilidad.

Con la presente matriz se logra demostrar la relevancia de las pymes en el cumplimiento de las metas de los ODS ya que en base al trabajo realizado se establece cuáles son las metas con mayor potencial de cumplimiento para cada rubro. Por lo tanto, ninguna de las empresas estudiadas queda excluida de su posible implementación, pudiendo integrar los objetivos en sus modelos de negocio, planes de acción y estrategias de sustentabilidad.

4. RESULTADOS

Estos resultados expresan la aplicabilidad de las 169 metas de correspondiente a cada objetivo, como se observa en la Figura 5. El primer objetivo con mayor porcentaje en aplicabilidad Alta en las industrias es el número 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento de todos) con un 63%. Continuando con el 42% el número 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible). Por último, el objetivo 13 (Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) y 5 (lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas) con el 40% y el 32% de aplicabilidad alta respectivamente. Es de suponer que esto sucede porque en las metas que se detallan para estos objetivos pueden alcanzarse modificándose procesos productivos, gestionando residuos, cambiando políticas de la industria en su propia actividad, in situ.



Figura 5: Gráfico de porcentajes de Aplicabilidad de las ODS en las Industrias Bonaerenses – Elaboración Propias.

Si consideramos los objetivos en el rango medio de aplicabilidad se hallan el objetivo 9 (Industria, innovación e infraestructura) con 63%, el objetivo 7 (garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos) con el 50%. El objetivo 13 (adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) con el 40%, el objetivo 15 (gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad) con 37% nuevamente el objetivo 5 con 33%. Se consideran metas que comparten la responsabilidad de su funcionamiento con el estado o gobierno que lo engloba. Y de la interacción entre las actividades de unos (los gobiernos) con las actividades de los otros (las industrias) y viceversa.

Finalmente, en los casos que la aplicabilidad es baja se encuentran: objetivos 1 (Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo), 2 (Poner fin a el hambre, la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible), 3 (garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades), 4 (Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos), 8 (Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos), 10 (Reducir la desigualdad en y entre los países), 11 (Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles), 14 (Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible), 15 (Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad), 16 (Promover sociedad, justas, pacíficas e inclusivas), 17 (Revitalizar

la alianza mundial para el desarrollo sostenible). Son metas dirigidas a la creación de políticas públicas o para liderar el accionar del estado o gobiernos. En estos casos se propone buscar alternativas que acerquen a los objetivos de menor aplicabilidad a sendero de la sustentabilidad. Algunos ejemplos de medidas que se podrían considerar: a) tener en cuenta aspectos como el cambio organizacional, empleo, diversidad, inclusión, aprendizaje y desarrollo de los empleado, b) recuperación de fuentes naturales y disminución de huella de Carbono, c) relacionarse con las comunidades cercanas, d) prestaciones de servicios públicos, e) investigación, f) indicadores de prácticas laborales, g) salud ocupacional, entre otras.

Por último, se analizan los datos como se distribuyen los porcentajes en cada industria, y lo observable en la Figura 6 es que la distribución es pareja. Las metas de alta aplicabilidad poseen un porcentaje entre el 13 y 14% en cada industria, igual que las de media y baja aplicabilidad, de 18 a 17% y 68 a 70%.

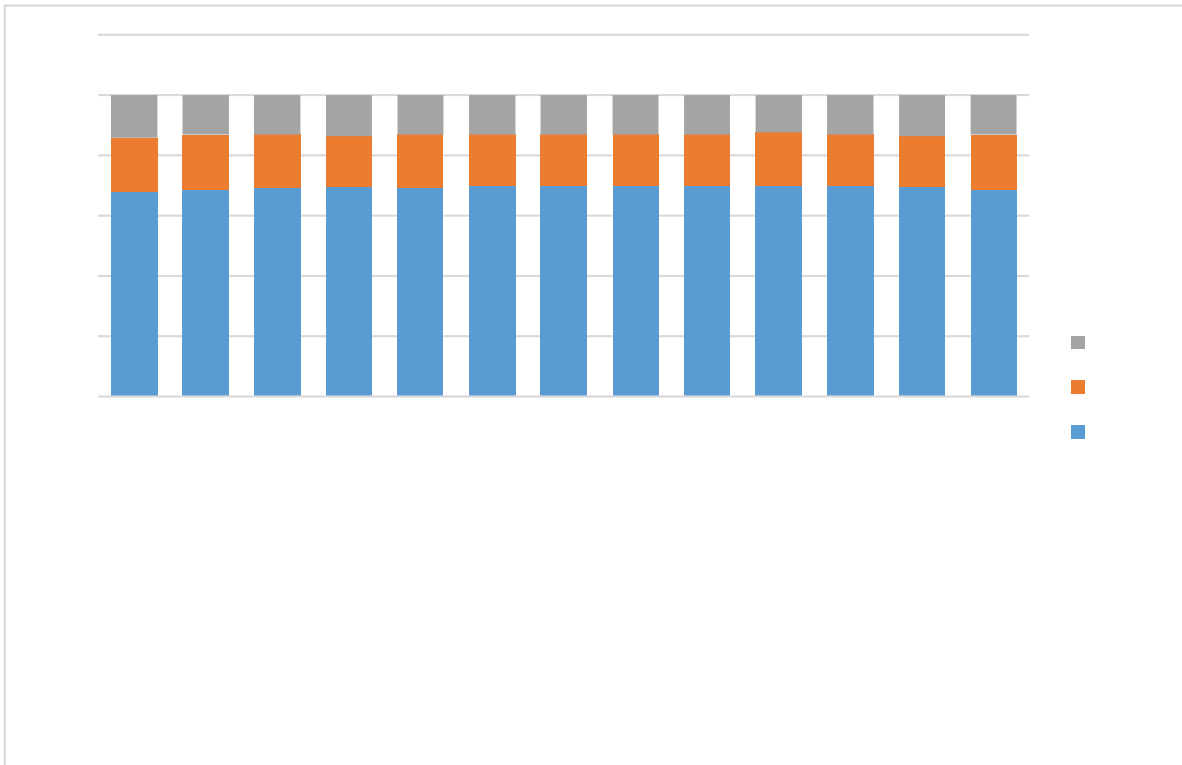


Figura 6: Aplicabilidad en las industrias – Elaboración propia

5. CONCLUSIÓN

Los resultados expuestos en este trabajo indican que a partir de una sencilla herramienta como ser la matriz de confrontación elaborada, se obtiene información muy importante sobre la aplicabilidad de los ODS y sus metas. Si bien, este proyecto se encuentra en su etapa inicial, se puede concluir que aún falta profundizar la investigación, para obtener un mejor panorama sobre las metas de bajo poder de aplicabilidad y como implementarlas en las industrias.

Por otro lado, el desarrollo sostenible es uno de los desafíos más complejos que pueda enfrentar una industria PyMe en la actualidad, ya que suelen esforzarse mucho simplemente por mantenerse en el mercado. En contrapartida, si la empresa se compromete a incluir estas metas y objetivos a su agenda se verá reflejado en la generación de valor agregado a su cadena de valor. Además, les permitirá visualizar nuevas ideas de negocio, incursionar en nuevos mercados. Se generara una imagen positiva de la empresa y demostrara el compromiso.

También, se reflexiona sobre el accionar de algunos países como Colombia, España y sobre todo Argentina y algunas de las entidades que los representan que están luchando de manera conjunta para conseguir un futuro sostenible, justo y en paz.

BIBLIOGRAFÍA

[1] (2016) Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe, ONU.

[2] David Le Blanc. (2015) “Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets”. Department of Economic and Social Affairs, Working Paper 141, Naciones Unidas.

[3] Marta De la Cuesta González (2004) “El porqué de la responsabilidad social empresarial” Boletín económico de Información Comercial Española. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.

[4] Datos obtenidos de la página web del Ministerio de Trabajo y Producción correspondientes al año 2017. <https://gpsempresas.produccion.gob.ar/datos-y-analisis/#navitem-3> - Fecha de consulta: 11 de Septiembre 2019

[5] Rodríguez Herrera, Juan Jesús; Linero LLamas, Juan Manuel; Torres, Javier Pedraza, (2018). “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible una oportunidad para la PyME”. Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales, Confederación de empresarios de Andalucía (CEA). Sevilla, España

[6] Varón, María; Galeano Galán, Alejandra. (2016) “Informe de sostenibilidad como herramienta para el cumplimiento de los ODS desde la gestión empresarial”. Universidad EAN. Bogota, Colombia.

[7] Rodríguez de Ramírez, María del Carmen (2015): “Objetivos de Desarrollo sostenible, agenda post-2015 y sector privado”, Publicación Profesional y Empresaria (D&G), Boletín XVI pagina 776 Agosto 2015 – Editorial Errepar.

[8] Roset, Nuria, (2018) Informe Contribución de las Empresas Argentinas Adheridas al Pacto Global a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencias a 3 Años de la aprobación de la agenda 2030. PNUD, Red Argentina del Pacto Global, Agenda 2030 – ODS Argentina – Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales – Presidencia de la Nación

[9] Montoya, Diana. (2018). “Contribución del sector privado a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) exteriorización en los II.FF. en Informes R.S.E.” 24° Encuentro Nacional de Investigadores Universitarios del Área Contable, 14° Simposio Regional de Investigación Contable, La Plata, Argentina.

Identificación y análisis de las variables clave de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria en Argentina

Cibeira, Natalia P.; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela; Couselo, Romina; Tittone, Marcelo; Crespi Gabriel*

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.
1 y 47, La Plata (1900), Buenos Aires
natalia.cibeira@ing.unlp.edu.ar*

RESUMEN

El consumo de agua caliente de las familias puede dividirse en dos usos fundamentales: calefacción y agua caliente sanitaria. Las familias argentinas utilizan aproximadamente el 33% de la energía que consumen para calentar agua, ya sea mediante dispositivos eléctricos o a gas. Este consumo energético podría reducirse drásticamente con la utilización de la energía solar térmica para generación de agua caliente sanitaria.

El total de energía usada para calentamiento de agua sanitaria equivale aproximadamente al 50% de las importaciones de gas. Por lo tanto, eficientizar el uso de la energía para calentar agua sanitaria, es de gran relevancia económica, social y medioambiental para el país.

Actualmente existen diversas tecnologías para la generación de agua caliente a partir de energía solar, las dos más utilizadas son los termotanques solares de tubos de vidrio y los de placa plana. A su vez, de acuerdo a la presión de trabajo máxima admisible: pueden clasificarse en presurizados y no presurizados.

En el presente trabajo se realiza una investigación a partir de información secundaria para identificar las variables más relevantes en proyectos de autogeneración de energía solar térmica para la obtención de agua caliente sanitaria y sus factores determinantes. A partir de su identificación y estudio se analizan las viabilidades técnica, económica y financiera y se estiman valores actuales de variables e indicadores de rentabilidad, para finalmente poder concluir sobre la conveniencia de utilización de estos sistemas en el país.

Palabras Claves: energías renovables, autogeneración, energía solar térmica

ABSTRACT

The consumption of hot water by families can be divided into two fundamental uses: heating and domestic hot water. Argentine families use approximately 33% of the energy they consume to heat water, either through electrical or gas devices. This energy consumption could be drastically reduced with the use of solar thermal energy for the generation of sanitary hot water.

The total energy used for sanitary water heating equals approximately 50% of gas imports. Therefore, making the use of energy more efficient in heating sanitary water is of great economic, social and environmental importance for the country.

Currently there are various technologies for the generation of hot water from solar energy, the two most used are the solar hot water tanks of glass tubes and flat plate. In turn, according to the maximum admissible working pressure: they can be classified as pressurized and non-pressurized. In the present work, a research is carried out from secondary information to identify the most relevant variables in self-generation projects of solar thermal energy for obtaining sanitary hot water and its determining factors. Based on its identification and study, the technical, economic and financial viabilities are analyzed and current values of variables and profitability indicators are estimated, so as to finally be able to conclude on the convenience of using these systems in the country.

1. INTRODUCCION

La energía solar térmica consiste en la transformación de la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico (agua caliente sanitaria, calefacción y calentamiento de piscinas). El calor también puede utilizarse para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico y, a través de un alternador, generar energía eléctrica: es la denominada energía solar termoeléctrica [1].

El Agua Caliente Sanitaria (ACS) es el agua destinada al consumo humano utilizada con fines sanitarios (duchas, lavado, limpieza, etc.) que ha sido calentada previamente.

A medida que la población crece, aumentan los requerimientos energéticos para sostener el crecimiento. Debido a la composición de la matriz energética de nuestro país, esto implica un aumento de combustibles fósiles o no renovables. Por este motivo, es importante utilizar las energías renovables como una alternativa de provisión energética para el crecimiento poblacional. Las energías renovables están asociadas a la eficiencia energética. El uso de renovables sin eficiencia energética no generará un ahorro sustantivo de energía.

En Argentina el gas natural constituye el componente principal de la matriz energética, aportando más del 50% de la energía primaria del país. Alrededor del 30% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales. El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo en importancia en estos sectores, representando aproximadamente el 33% del total. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria por gas se emplea casi el 10% de la energía consumida en Argentina [2]. Por lo tanto, eficientizar el uso de la energía para calentar agua sanitaria, es de gran relevancia económica, social y medioambiental para el país.

2. AUTOGENERACION DE ENERGIA SOLAR TERMICA

2.1. Estudio de la Viabilidad Técnica

Para poder determinar la viabilidad técnica de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria se podrían considerar y analizar los siguientes factores clave: lugar de emplazamiento, consumo a abastecer, tecnología a utilizar, dimensionamiento del sistema, instalación y operación y mantenimiento.

2.1.1. Lugar de emplazamiento

El lugar de emplazamiento de un sistema solar térmico para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) es de suma importancia para poder lograr un alto grado de aprovechamiento del recurso solar.

Existen múltiples factores que influyen en la eficiencia del sistema. Entre ellos cabe destacar la radiación solar disponible, la orientación e inclinación del sistema solar, sombras existentes en el lugar, la temperatura ambiente, temperatura de entrada y salida de agua requerida.

Típicamente, el lugar de emplazamiento seleccionado no es el más adecuado a los fines de la instalación del sistema, sino que más bien es el que está disponible. Esta condición puede imponer ciertas restricciones al uso del sol, y es necesario conocer la influencia de las mismas a modo de poder estimar en forma correcta la cantidad de radiación solar que arriba al sistema.

El dimensionamiento y uso de cualquier sistema solar térmico requiere del conocimiento de la disponibilidad de radiación solar en el lugar que se pretende instalar.

Los datos de radiación se obtienen de bases de datos que proceden de medidas realizadas por estaciones terrestres o estimadas a partir de imágenes de satélite.

Para la elección de la base de datos debe resolverse el compromiso entre cercanía de la medida al lugar de la instalación y larga duración de la base temporal. Debe tenerse en cuenta que las discrepancias entre bases de datos pueden llegar a ser de hasta el 30%, y por tanto, todos los resultados posteriores deben manejarse sin perder la perspectiva de esta incertidumbre. Por tanto, es sumamente importante referenciar cualquier estimación de energía a la base de datos empleada para el cálculo.

De las bases de datos, se obtiene la radiación solar diaria en el plano horizontal [kWh/m²/día] y a partir de esta información se deben realizar los cálculos para estimar el valor de la radiación en un plano inclinado.

Existe un mapa de "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", elaborado por Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, Universidad Nacional de Luján, el cual muestra la distribución del promedio de la Radiación Global Diaria [kWh/m²] [3].

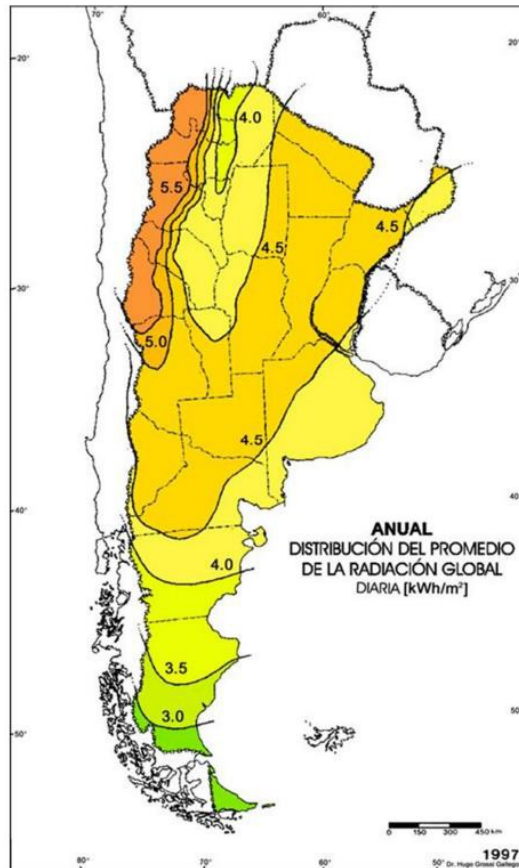


Figura 1 Distribución del promedio de la Radiación Global Diaria [kWh/m²] en la República Argentina. Fuente: "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", elaborado por Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, Universidad Nacional de Luján

Cabe destacar que además de la radiación solar diaria es necesario conocer la variación de la misma a lo largo del año, ya que esta es muy distinta en invierno y en verano.

Otros dos factores importantes a analizar en el lugar de emplazamiento son la inclinación y orientación de los sistemas, ya que la energía captada por los mismos dependerá ello.

La inclinación se define como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es 0° para captadores horizontales y 90° para verticales.

La orientación es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar, también llamado acimut. Para colectores ubicados en el hemisferio Sur, los valores típicos son 0° para captadores orientados al Norte, +90° para captadores orientados al Este y -90° para colectores orientados al Oeste.

Dependiendo de los valores de inclinación y orientación, el colector brindará mayor o menor cantidad de calor útil a lo largo del año.

En general los sistemas tienen que estar orientados al ecuador. En hemisferio sur, significa que la orientación óptima es hacia el Norte.

Con respecto a la inclinación, como regla general, si se pretende maximizar el uso de un sistema solar térmico en invierno, es suficiente con lograr un valor de inclinación sumando entre 10° o 15° al valor de latitud de la localidad en cuestión. Si la aplicación pretende maximizar la energía anual, un valor de inclinación igual a la latitud del lugar suele ser suficiente. Si se pretende priorizar la generación en verano, entonces el colector deberá inclinarse a un valor igual a la latitud del lugar restando 10°.

El otro factor que incide sobre la energía solar que llega a un colector son las sombras. Es posible diferenciar dos tipos de sombras. Las sombras proyectadas por las construcciones cercanas al lugar de instalación y las sombras que proyecta una fila de equipos compactos o colectores sobre otra fila inmediatamente detrás de ella. Los equipos solares de generación de agua caliente sanitaria deben recibir al menos 4 horas de radiación solar en el día del año que el sol está en el punto más bajo, por lo que el equipo debe ubicarse de tal modo de lograr este requisito.

La eficiencia en los sistemas solares térmicos está intrínsecamente relacionado con la temperatura ambiente, y con las temperaturas de entrada y salida del sistema. Por lo tanto, es necesario conocer las temperaturas que intervienen de modo de dimensionar correctamente el sistema.

Para estimar la temperatura ambiente se utilizan promedios mensuales o anuales de la localidad. En cuanto a la temperatura de agua de entrada, suponiendo que viene de pozo, se toma como promedio anual 15°C. La temperatura de salida deseada suele ser 50°C.

2.1.2. Consumo a abastecer

El Agua Caliente Sanitaria (ACS) es el agua destinada al consumo humano utilizada con fines sanitarios (duchas, lavado, limpieza, etc.).

Para poder calcular el consumo a abastecer, se toma como usuario tipo 3,5 personas. Este es el número de personas por vivienda de condición media [4].

El volumen de agua caliente que consume en promedio un usuario tipo (3,5 personas) es de aproximadamente 195 l/día. Este dato nos permite estimar el requerimiento de ACS por usuario: si suponemos que aproximadamente una masa de 10 litros se usa para cocción, obtenemos una estimación de aproximadamente 185 l/día de agua caliente para uso sanitario. Suponiendo un promedio de 3,5 personas por vivienda, obtenemos un requerimiento de agua caliente de alrededor de 53 l/día por persona. Desde luego, este es un valor nominal de consumo de ACS. Internacionalmente, en el diseño de sistemas de ACS para viviendas se utiliza una cifra de consumo entre 50 y 70 l/día por persona.

2.1.3. Tecnología a utilizar

En los Sistemas Solares Térmicos (SST) se aprovecha la energía radiante del sol para calentar agua o cualquier otro fluido que posteriormente será utilizado en diversas aplicaciones. La energía solar térmica es una solución que presenta numerosas ventajas, entre las cuales se pueden citar:

- Su fuente de energía primaria, el sol, es siempre gratuita y abundante.
- Los sistemas solares térmicos presentan un rendimiento de conversión energética de radiación disponible a energía útil mayor al 50%, siendo uno de los factores de conversión más altos entre las diferentes energías renovables.
- No genera emisiones de gases de efecto invernadero, y a su vez reemplaza o complementa tecnologías que utilizan combustibles fósiles.

Cualquier sistema solar térmico consta de dos componentes esenciales: el colector y el tanque acumulador. El colector se encarga de transformar la energía solar en calor y calentar un fluido que circula en su interior. El tanque acumulador se encarga de almacenar ese fluido caliente para su posterior uso en aplicaciones de agua caliente sanitaria, climatización, procesos industriales o cualquier otro uso.

Ambos componentes principales, el colector y el tanque acumulador, forman un sistema cuyo acoplamiento se define de forma específica para cada aplicación y caso de uso.

Los Sistemas Solares Térmicos pueden clasificarse por el principio de circulación, su sistema de transferencia de calor, su presión de trabajo y su diseño.

Según el principio de circulación pueden ser circulación natural o termosifónicos o de circulación forzada.

En los sistemas termosifónicos, la circulación del agua caliente es por gravedad. El agua dentro del colector es calentada por el sol, disminuye su densidad y fluye hacia arriba para ingresar al tanque de almacenamiento, mientras que el agua fría, de mayor densidad, fluye hacia abajo creando una circulación continua. El flujo convectivo o termosifónico continúa mientras el sol calienta el colector. Los sistemas forzados utilizan una bomba y un controlador para circular el fluido caloportador dentro del colector. Los colectores normalmente se encuentran sobre el techo de las construcciones y el tanque se ubica en una sala de máquinas en otro nivel. El fluido fluye desde el colector al tanque por acción de una bomba. En estos casos, el circuito de calentamiento del colector es un circuito cerrado. El colector se usa para calentar un fluido caloportador, y este a su vez intercambia calor con el agua de consumo a través de una serpentina ubicada en el interior de un tanque de acumulación.

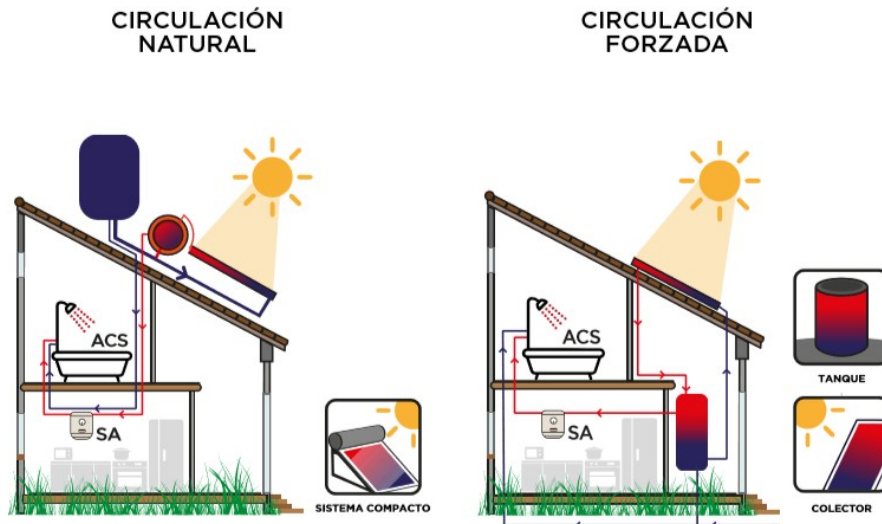


Figura 2. Diferencia entre sistema solar térmico de circulación natural y forzada. Fuente: Manual Introducción a la energía solar térmica, Secretaría de Energía 2019. [5]

En cuanto al sistema de transferencia de calor, este puede ser directo o indirecto.

Los sistemas solares termosifónicos (de circulación natural) pueden ser directos o indirectos. Los directos utilizan el mismo fluido en el colector y en el acumulador, siendo este fluido el agua de consumo. En los indirectos, existe un fluido en el colector que transporta el calor, por medio de algún medio de intercambio, hacia el agua de consumo que se encuentra en el acumulador. Este fluido que transporta el calor es un fluido con propiedades anticongelantes. El circuito donde circula el fluido anticongelante se denomina "primario" y el circuito donde circula el agua de consumo se denomina "secundario".

Los sistemas de circulación natural directos, sin protección anti-heladas, se utilizan en climas cálidos donde no hay riesgo alguno de ocurrencia de congelamiento, ya que son más económicos y tienen un rendimiento similar a los indirectos.

La mayoría de los sistemas forzados, son indirectos, utilizando un intercambiador de calor entre el fluido caloportador que se encuentra en el colector, y el agua potable que se encuentra en el acumulador.

Los sistemas solares térmicos llamados equipos compactos son productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Estos equipos son de uso exclusivo para agua caliente sanitaria.

En el equipo compacto, el colector y el tanque conforman un solo producto. A nivel mundial, los equipos compactos constituyen el 70% del mercado de la energía solar térmica [6].

Los sistemas solares térmicos a medida son aquellos sistemas construidos de forma única, o montados eligiéndolos de una lista de componentes.

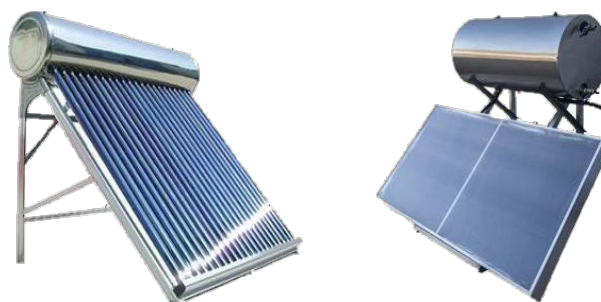


Figura 3. Ejemplos de equipos compactos que se consiguen en el mercado argentino.

Finalmente, considerando la presión de trabajo, pueden ser "abiertos" o "cerrados". En un sistema abierto, el tanque de acumulación donde circula el agua de consumo opera a presión atmosférica. En un sistema cerrado, el agua en el tanque está presurizada a una presión específica, típicamente entre 2 y 4 kg/cm². Esto quiere decir que el tanque de almacenamiento no está en contacto con la atmósfera.

Todos los sistemas solares térmicos que se comercializan deben cumplir con la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio de la Nación.

Se debe destacar que, dado que el recurso solar es intermitente, es necesario contar con un sistema de apoyo auxiliar que pueda atender la demanda energética en momentos de poco sol. La correcta

selección del equipo de apoyo auxiliar a un Sistema Solar Térmico (SST) es de gran influencia en la eficiencia del sistema en su conjunto.

2.1.4. Dimensionamiento del sistema

Para el caso de los sistemas solares térmicos compactos de uso específico para agua caliente sanitaria, el dimensionamiento consiste esencialmente en la correcta selección del mismo. No es necesario realizar un método de cálculo específico sino más bien seleccionar el tamaño del equipo según su capacidad de acumulación en función de la demanda de ACS de la vivienda. Puede verse a continuación una tabla de referencia y valores promedio de los equipos compactos prefabricados, en función de los usuarios por vivienda:

Tabla 1 Valores de referencia para equipos compactos prefabricados. [7].

Usuarios	Área de colector	Volumen de almacenaje
Entre 2 y 3 personas	2 m ²	150 litros
Entre 3 y 4 personas	2 – 3 m ²	200 litros
Entre 5 y 6 personas	3 – 4 m ²	300 litros

Esta selección dependerá también de los usos y costumbres de los usuarios (tiempo de permanencia en la ducha, realización de baños de inmersión, etc.) por lo que debe hacerse un relevamiento antes de la elección de la capacidad del sistema solar.

2.1.5. Instalación

La instalación de los Sistemas Solares Térmicos es crucial para el correcto funcionamiento del equipo. Resulta necesario respetar las normas técnicas de instalación y realizar una apropiada implementación de las protecciones hidráulicas y del tendido sanitario en cada instalación.

Cada equipo compacto es comercializado en un formato definido cuya provisión incluye todos los accesorios y estructuras listas para su funcionamiento. La tarea esencial del instalador consiste en armar las partes del equipo compacto según lo especifica el fabricante, conectar la entrada de agua fría, la salida de agua caliente, las protecciones de seguridad y finalmente conectar la salida de agua caliente al sistema de apoyo a gas o electricidad.

Debido a que hay diversas tecnologías de apoyo auxiliar, habrá diferentes formas de conexionado. La instalación de un equipo compacto a los fines de una vivienda unifamiliar se describe esquemáticamente en las Figura 4.

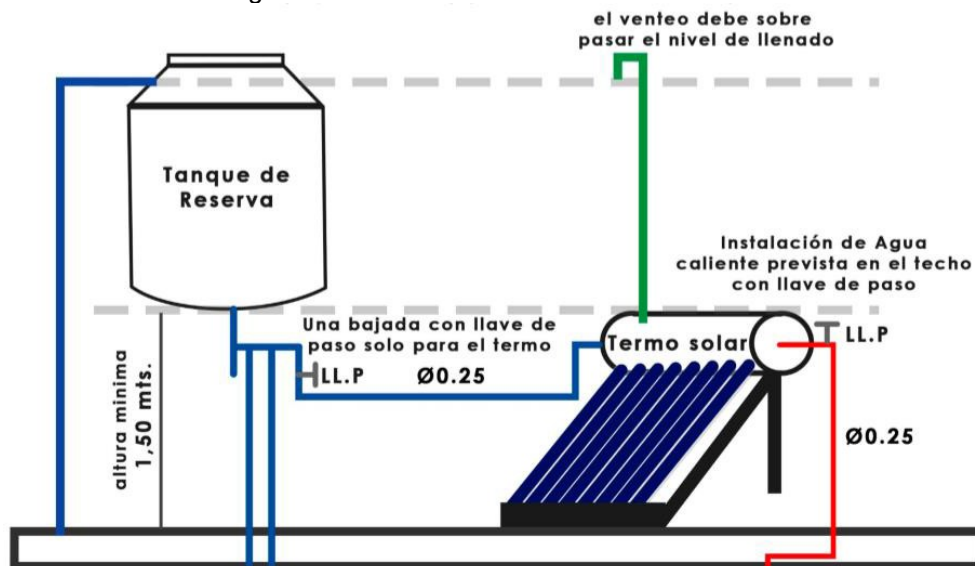


Figura 4. Esquema de instalación de un sistema compacto no presurizado con tanque de reserva. Fuente: elaboración propia.

Los requisitos para poder instalar un sistema solar compacto no presurizado son: que la vivienda cuente con un tanque de agua elevado, bajada de agua fría independiente al termotanque solar y el equipo debe estar orientado al norte (o tener hasta +/- 30° de desviación).

Para los sistemas solares compactos presurizados, los requisitos son que haya una bajada de agua fría independiente al termotanque solar y que el equipo se encuentre orientado al norte (o tener hasta +/- 30° de desviación). La bomba presurizadora no debe superar la presión máxima admisible que indica el fabricante.

2.1.6. Operación y Mantenimiento

Para asegurar la correcta operación y funcionamiento del sistema solar se realizará mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo consiste en al menos una visita anual del técnico capacitado en la que se deben realizar las siguientes tareas: Verificación del estado del venteo (en caso de los termotanques no presurizados), de la válvula de seguridad (termotanques presurizados), el ánodo de magnesio, lavado del termotanque, tratando de retirar la mayor cantidad de sarro posible, chequeo de los o-rings y aislaciones y chequeo de la instalación en general.

2.2. Viabilidad Económico-financiera

2.2.1. Inversión inicial necesaria

La inversión inicial de los sistemas solares térmicos está dada por el equipo solar, las cañerías y válvulas de conexión necesarias, la mano de obra de instalación y la adaptación de la instalación existente.

Para el análisis económico financiero se selecciona un sistema compacto no presurizado de 200 litros (correspondiente al de un usuario tipo) de tubos de vidrio, por ser la tecnología más económica y difundida en el mercado.

Tabla 2. Componentes de la inversión inicial.

Inversión Inicial	Monto (Pesos)
Termotanque de tubos no presurizado 200 lts	35.000
Ánodo de magnesio	500
Materiales de instalación	3.000
Mano de obra de instalación	5.000
TOTAL	43.500

Calefón clase A sin piloto	20.000
Termotanque clase A	16.000

2.2.2. Beneficios obtenidos

Como se explicó anteriormente, la eficiencia de los sistemas solares térmicos depende de la radiación solar. En épocas de verano o primavera, el sistema solar puede proveer el 100% de las necesidades de agua caliente sanitaria. No obstante, en épocas frías de baja irradiación o bien en días nublados, no podrá proveer suficiente energía para satisfacer la demanda. Por este motivo, es necesario contar con un sistema de apoyo que permita al usuario tener la seguridad de estar siempre abastecido de agua caliente sanitaria. Los sistemas de apoyo pueden utilizar gas o electricidad para esta función.

Al sistema conformado por un sistema solar térmico y un sistema de apoyo a gas o eléctrico, se lo conoce como sistema solar híbrido.

Es necesario considerar la eficiencia del sistema de apoyo para su uso en solar térmica. El uso de termotanques o calefones convencionales de baja eficiencia como sistemas de apoyo conlleva a una baja de eficiencia del sistema completo, dado que los mismos poseen una llama piloto que se mantiene encendida independientemente de si el agua del equipo solar está caliente o no. Adicionalmente a ello, el gas quemado no transmite el 100% de su energía sino solo una parte de ella. Por este motivo, el sistema de apoyo siempre influirá sobre el total de energía solar aprovechada.

La correcta selección de un equipo de apoyo tiene prácticamente la misma influencia que la correcta selección del equipo solar.

En la figura 5 se muestran los consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo diario de Gas Natural para abastecer agua caliente sanitaria con diferentes configuraciones de equipamiento es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido (solar + apoyo) puede aportar son muy significativos si se utiliza como apoyo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido con termotanque E de respaldo. Las barras amarillas indican los sistemas híbridos solar-gas, y las celestes, los artefactos a gas.

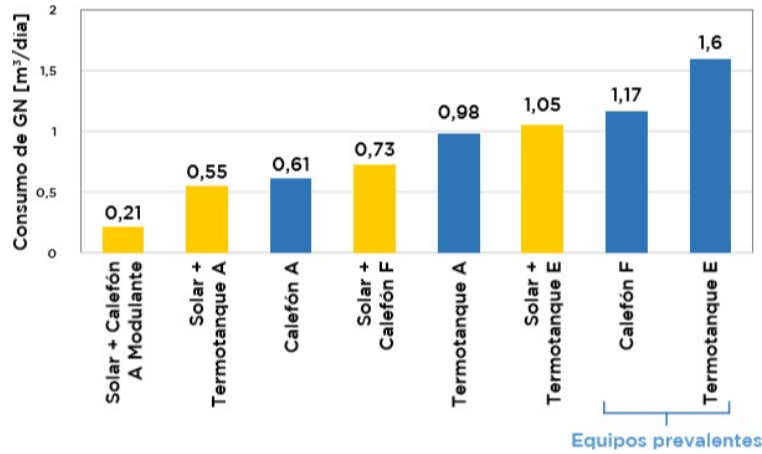


Figura 5. Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías [2].

En el caso de las zonas que no tienen gas natural, lo más eficiente es complementar el sistema solar con un termotanque eléctrico. Utilizando un sistema solar con un termotanque eléctrico clase A (30mm de aislación) se obtiene un ahorro del 85% respecto a la energía consumida en KWh/día por un termotanque a gas clase E. [2].

2.2.3. Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento están dados fundamentalmente por la visita anual del técnico especializado, según lo detallado en el estudio de viabilidad técnica. El costo de esta visita según un relevamiento del mercado, incluyendo un ánodo de magnesio es de \$1500 al año.

2.2.4. Indicadores de conveniencia

Considerando los beneficios por ahorro en costos, la inversión inicial necesaria y los costos de operación y mantenimiento, se realiza un análisis financiero, con un flujo de fondos sencillo, de un sistema solar térmico para proveer de agua caliente sanitaria una vivienda familiar tipo.

Considerando una inversión inicial de \$43.500, un costo de mantenimiento anual de \$1500, un Cargo Variable Gas Natural tarifa Residencial R2-2 de 10,11\$/m³, un cargo variable de \$40/kg de gas envasado y un costo de \$3/KWh. Se simulan escenarios para un termotanque solar y las distintas tecnologías de apoyo existentes.

Se considera un horizonte de evaluación de veinte años por ser la vida útil tecnológica estimada de estos equipos. Los escenarios se evalúan para dos tasas de descuento, 5% y 10%, como se indica en las siguientes tablas.

Tabla 3. Indicadores de rentabilidad Termotanques a gas vs Termotanques a gas y Termotanque solar.

Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,55						
Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,429						
Ahorro en costos GN (\$/año)	2.030			Ahorro en costos GN (\$/año)	1.587		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 36.900	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 42.599	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 38.991	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 42.840	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	6.263			Ahorro en costos G env (\$/año)	4.897		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 15.862	TIR	9%	VAN (5%)	-\$ 8.242	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 2.946	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 17.663	TIR	-

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad Calefones a gas vs Calefones a gas y Termotanque solar.

Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,44			Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,40		
Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,34			Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,31		
Ahorro en costos GN (\$/año)	1.624			Ahorro en costos GN (\$/año)	1.476		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 41.959	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 43.798	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 42.447	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 43.704	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	5.011			Ahorro en costos G env (\$/año)	4.555		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 251	TIR	5,1%	VAN (5%)	-\$ 5.425	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 13.611	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 17.489	TIR	-

Como es de suma importancia en el diseño del sistema la correcta selección del sistema de apoyo, también se evaluaron los casos de cambiar la tecnología existente en el domicilio por un termotanque a gas clase A o un calefón clase A. Considerando un costo de \$20.000 para un calefón clase A y \$16.000 para un termotanque clase A. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad adquiriendo Termotanque y calefón clase A.

Ahorro en costos GN (\$/año)	3.875			Ahorro en costos GN (\$/año)	3.543		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 34.852	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 42.299	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 41.438	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 47.964	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	11.957			Ahorro en costos G env (\$/año)	10.932		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 49.044	TIR	-	VAN (5%)	\$ 34.406	TIR	-
VAN (10%)	\$ 20.040	TIR	-	VAN (10%)	\$ 8.244	TIR	-

Analizando la opción de termotanque eléctrico vs termotanque solar + termotanque eléctrico se obtienen los siguientes resultados (considerando un consumo mensual de 122KWh/mes).

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad para termotanque eléctrico vs termotanque eléctrico y solar.

Tecnología	Termotanque eléctrico		
Consumo (KWh/día)	4,07		
Sistema híbrido	Termotanque eléctrico + Termotanque solar no presurizado		
Consumo (KWh/día)	3,09		
Ahorro (KWh/día)	0,98		
Ahorro en costos GN (\$/año)	1.069		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 48.875	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 47.172	TIR	-

3. CONCLUSIONES

Se identificaron las variables relevantes en proyectos de generación de agua caliente sanitaria a partir de energía solar térmica, desde la una perspectiva técnica, tales como lugar de emplazamiento, consumo a abastecer, tecnología a utilizar, dimensionamiento del sistema, instalación y operación y mantenimiento. Desde la perspectiva económica es necesario considerar fundamentalmente tres variables relevantes, la inversión inicial, el beneficio en ahorro energético y los costos de operación y mantenimiento.

Considerando los altos costos de inversión inicial de los sistemas solares térmicos en comparación con los sistemas de calentamiento de agua convencionales y la falta de incentivos económicos y financieros se obtuvieron indicadores negativos para los usuarios de termotanques y calefones eléctricos o a gas natural.

En el caso de dichos usuarios de termotanques o calefones eléctricos y a gas natural se requiere de incentivos económicos y financieros a la par de subsidios para la adquisición de sistemas híbridos. La razón por la que el país o el gobierno debería impulsarlos es que en el nivel nacional se ahorra gas y electricidad y se reduce la necesidad de ampliar redes de distribución.

La tecnología de sistemas solares térmicos, combinados con equipos a GLP (Gas Licuado de Propano, gas envasado) de alta eficiencia, calefones modulantes Clase A, puede ser una alternativa muy atractiva para llevar servicios energéticos a comunidades dispersas, de poca densidad y bajos recursos, ya que al ser comunidades dispersas y de poco consumo, los costos de las redes son muy altos y difícil de amortizarse. Al aumentar la eficiencia de los equipos, tanto la duración como el costo del GLP pueden disminuir significativamente.

Por lo discutido anteriormente, resulta claro que sería mucho más beneficioso para el país en general y para el sistema energético nacional, subsidiar la eficiencia y el desarrollo de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas o la electricidad. El subsidio al gas y la luz inhibe cualquier desarrollo de otras alternativas energéticas, no estimula la producción local e incita a un uso no racional de la energía. Por lo tanto, siguiendo la política desarrollada en muchos países, sería preferible subsidiar la eficiencia y las energías renovables en lugar del consumo.

4. REFERENCIAS

- [5] Energía, S. d. (2019). Manual Introducción a la energía solar térmica. Argentina.
- [7] Energía, S. d. (2019). Sistemas Solares Térmicos Compactos para Agua Caliente Sanitaria. Dimensionamiento e Instalación. . Argentina.
- [6] F., G. W. (2015). "Solar Heat Worldwide" de la IEA Solar Heating & Cooling Programme.
- [4] INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Vivienda, hogares y hábitat. . (s.f.). Obtenido de <http://www.indec.gov.ar>
- [2] L. Iannelli, R. P. (Junio 2017). Eficiencia en el calentamiento de agua Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos. Petrotecnia, revista de IAPG.
- [1] Martínez, P. R. (2011). Energía Solar Térmica: técnicas para su aprovechamiento. España: Marcombo.
- [3] Righini, H. G. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Argentina.

Salimbeni, Sergio; Bianchi, Sebastián*

Instituto de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador
sergio.salimbeni@usal.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo forma parte del proyecto: "Estado actual y factores clave para la evolución de la industria nacional hacia la industria 4.0" (proyecto de investigación PI.1939 de la USAL 2019-2020). Nuestras hipótesis de trabajo son: (H1) la migración hacia la Industria 4.0 en las empresas argentinas sería muy costosa en un inicio, por lo que se prevé solo para casos muy puntuales, al menos en el próximo lustro; (H2) se requiere una fuerte inversión en recursos humanos y un cambio en la modalidad del trabajo en la industria; (H3) los obstáculos hoy en día son: la falta de personal calificado y la carencia de infraestructura interna para poner estas tecnologías en funcionamiento. La gestión de la calidad en la industria argentina se verá afectada, justamente, por el cambio de paradigma en la producción y la necesidad de capacitación en diferentes disciplinas. Los principales pilares de la industria 4.0 son: el IoT (Internet of Things), los CPS (Cyber physical systems) y la AI (Artificial Intelligence). El proceso de monitoreo y control en múltiples procesos de producción, a través de la sensorización en tiempo real, es lo que permite la Analítica Predictiva, la cual impactará en la Gestión de la Calidad de la cadena productiva. Los trabajadores 4.0 necesitarán incorporar nuevas habilidades transversales tales como: ingeniería de procesos de negocios e industrial, análisis de datos y trabajo en equipos multidisciplinarios.

Palabras Claves: Quality 4.0 – Smart Quality - Industry 4.0 - Smart Factory – Analytics - Internet of Things - Fourth Industrial Revolution

ABSTRACT

This current work is part of the project: "Current status and key factors for the evolution of the national industry towards industry 4.0" (research project PI_1939 of the USAL. 2019-2020). Our working hypotheses are: (H1) Migration to Industry 4.0 in Argentine companies would be very expensive at the beginning, so it is expected only for very specific cases, at least in the next five years; (H2) a strong investment in human resources and a change in the way of work in the industry is required; (H3) the obstacles today are: lack of qualified personnel and lack of internal infrastructure to put these technologies into operation. Quality management in the Argentine industry will be affected, precisely, by the paradigm shift in production and the need for labor training in different disciplines. The main pillars of industry 4.0 are: IoT (Internet of Things), CPS (Cyber physical systems) and AI (Artificial Intelligence). The process of monitoring and control in multiple production processes, through real time sensorization, is what allows Predictive Analytics, which will impact the Quality Management of the production chain. 4.0 workers will need to incorporate new transversal skills such as: business and industrial process engineering, data analysis and work in multidisciplinary teams.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es uno de los resultados de nuestro proyecto de investigación: "Estado actual y factores clave para la evolución de la industria nacional hacia la industria 4.0" (PI.1939 de la USAL. 2019-2020). En nuestra hipótesis de trabajo, hemos definido que la migración hacia la Industria 4.0 en las empresas argentinas sería muy costosa en un inicio, debido a que se requeriría una fuerte inversión en recursos humanos y un cambio en la modalidad del trabajo en la industria, como consecuencia de los obstáculos más sobresalientes que hoy en día existen, entendiendo que los mismos son la falta de personal calificado y la carencia de infraestructura interna para poner estas tecnologías en funcionamiento. La gestión de la calidad en la industria argentina se verá afectada positivamente por la utilización de nuevas tecnologías y el consecuente cambio de paradigma en la producción y la necesidad de capacitación en diferentes disciplinas.

“La aceleración del cambio tecnológico afecta el diseño de los nuevos servicios y productos y los procesos de una empresa: muchas oportunidades surgen de los adelantos en la tecnología de computación, como los robots y varias formas de tecnología informática.” [1] (Krajewski, Ritzman y Malhotra. 2008. P.16)

El denominado IoT (Internet of Things), los CPS (Cyber physical systems) y la AI (Artificial Intelligence) son los principales pilares de la industria 4.0. El proceso de monitoreo y control en múltiples procesos de producción, a través de la sensorización en tiempo real, es lo que permite la Analítica Predictiva, la cual impactará en la Gestión de la Calidad de la cadena productiva. Los trabajadores 4.0 necesitarán incorporar nuevas habilidades transversales tales como: ingeniería de procesos de negocios e industrial, análisis de datos y trabajo en equipos multidisciplinarios.

1.1. Objetivos de la Investigación

El presente estudio tiene como objetivo examinar la conciencia, la preparación y la capacidad de las empresas y sus colaboradores para encarar la migración hacia la Industria 4.0, así como las mejoras plausibles en la rentabilidad de las mismas. Los objetivos específicos son: (1) cualificar las mejoras en la rentabilidad de las empresas con la migración a la Industria 4.0, (2) definir las nuevas modalidades de trabajo y qué tipo de competencias serían necesarias en los nuevos ingenieros y personal calificado, (3) identificar qué tipo de formación profesional sería necesaria para el trabajador 4.0 y (4) determinar qué tipo de infraestructura, fundamentalmente tecnológica, debería ser mejorada.

1.2. Metodología

1.2.1. Enfoque.

La metodología utilizada se basa en un enfoque mixto [2] (Hernández Sampieri, Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, 2010) y desde la perspectiva de la ingeniería industrial. El alcance de la investigación es exploratorio y descriptivo, con observación participante y cuestionario estructurado. Respecto del diseño, es no experimental, transaccional y de tipo exploratorio.

La metodología para el marco teórico: fichas de lectura, método de mapeo, mapa conceptual.

La evaluación, recolección y análisis de datos se realiza conforme las siguientes preguntas de investigación: Q1. ¿En qué medida podría mejorar la rentabilidad de la empresa argentina con la migración hacia el modelo de Industria 4.0? Q2. ¿Cuáles serían las nuevas modalidades de trabajo y qué tipo de competencias serían necesarias en los nuevos ingenieros y personal calificado? Q3. ¿Qué tipo de infraestructura debería ser mejorada? Q4. La formación continua ¿ayudaría al cambio?

1.2.2 Trabajo en campo. Unidades de análisis y respuesta.

Para la etapa cualitativa: como unidad de respuesta y de análisis se toman 10 empresas industriales, siendo 50% de ellas pyme.

Para la etapa cuantitativa: se toma como unidad de análisis a 100 empresas industriales, 50% pyme, ubicadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Gran Buenos Aires.

Unidad de respuesta: supervisores y gerentes de planta, producción, logística y administración.

1.2.3. Técnicas de recolección de datos.

Etapa cualitativa: entrevistas en profundidad. Las entrevistas en profundidad son un aporte para el aprendizaje del investigador sobre circunstancias que éste no puede observar directamente, por ello sus interlocutores en estas conversaciones son verdaderos, colaborando no solamente con el aporte de sus puntos de vista sino con el conocimiento sobre “lo que sucede y el modo en que otras personas lo perciben” [3] (Taylor & Bogdan, 1987, p.103).

Etapa cuantitativa: encuesta. Este tipo de entrevista estandarizada se lleva a cabo por medio de un cuestionario estructurado lo que permite comparar distintas respuestas ante la misma pregunta y cuantificar cada uno de los resultados obtenidos [4] (García Ferrando, 1996, p.178). Por medio de esta técnica se procura validar las hipótesis.

1.2.4. Muestras.

Etapa cualitativa: se recurre a la estrategia del muestreo teórico para seleccionar las industrias y personas a entrevistar [5] (Glaser & Strauss, 1967). Desde esta perspectiva el número de casos estudiados carece de importancia como lo subrayan [3] (Taylor & Bogdan, 1987). Según [6] (Valles, 2002, p.72), “la clave está en el criterio maestro de la heterogeneidad y en el carácter flexible, iterativo, continuo del muestreo cualitativo”.

Etapa cuantitativa: la encuesta se administra a un grupo de industrias / personas denominado la muestra, con la pretensión de identificar tendencias en actitudes, opiniones, comportamientos o características de un grupo más grande de individuos denominados la población [7] (Creswell, 2009). Para la obtención de los contactos se sigue la siguiente secuencia: (a) se envía la encuesta a 100 contactos de 100 industrias diferentes; (b) se espera obtener finalmente al menos 50 casos que respondan en forma completa y válida la encuesta (n=50).

1.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis.

Etapa cualitativa. El análisis sigue el enfoque de [7] (Creswell, 2009).

Etapa cuantitativa. La plataforma “e-encuesta” se utilizará para la realización de las encuestas web generando una matriz de datos de las respuestas. La misma se convierte para su posterior procesamiento con hoja de cálculo.

1.2.6. Planificación y ejecución de la investigación.

Recursos: el diseño metodológico, la elaboración de los instrumentos de recolección de datos, la realización del trabajo de campo, el procesamiento y el análisis están a cargo del equipo de investigación. Se cuenta con la colaboración de alumnos practicantes para lograr acceder a un número mayor de encuestas.

Lugar de realización de la investigación: las entrevistas en profundidad y las encuestas web se dirigen a empresas industriales pequeñas, medianas y grandes (en cantidades proporcionales) localizadas en el área metropolitana de Buenos Aires.

Fechas del trabajo:

Marco teórico y etapa cualitativa, fase 1: agosto de 2018 a julio de 2019.

Etapa cuantitativa: agosto 2019 a diciembre de 2019.

1.3. Industria 4.0

Hacia fines del siglo XVIII con la invención de la máquina a vapor y su impacto en la industria textil y el transporte, se dice que comienza la 1ª revolución industrial. En el siglo XIX, la explotación del petróleo y el uso de la electricidad inician la 2ª revolución industrial. La denominada 3ª revolución industrial, a mediados del siglo XX, fue determinada por la invención del semiconductor, las tecnologías digitales y luego Internet. La comunicación autónoma entre distintos dispositivos o máquinas sin intervención humana denominada M2M (machine to machine), los sistemas ciberfísicos y la inteligencia artificial, inauguran una nueva era: la 4ª Revolución Industrial.

Dentro del concepto “Industria 4.0”, suelen encontrarse tecnologías tales como: IoT (Internet of Things), IoD (Internet of Devices), IoS (internet of Services), IoP (Internet of People), IoE (Internet of Energy) e IoNT (Internet of Nano Things). Algunas de las aplicaciones prácticas son: Smart City, Smart Home, Smart Product y Smart Mobility, entre otras.

Hace más de una década que Alemania impulsa como política para el desarrollo industrial la transformación digital, acuñando el término Industria 4.0. En otros países, fundamentalmente fuera de Europa y encabezado por los Estados Unidos, se la conoce como “Smart Factories” (Fábricas Inteligentes).

Industria 4.0 es un término conocido por muchas de las industrias argentinas, principalmente entre las medianas y grandes. Como referencia se puede citar que en el año 2015 en Alemania, cuna de la Industria 4.0, tan sólo un tercio de la industria conocía el concepto Industria 4.0 [8] (Sommer, 2015).

Actualmente, los países europeos, fundamentalmente Alemania y los nórdicos, han logrado integrar tecnología a sus líneas de producción, principalmente en los pilares de la industria 4.0: el IoT y la sensorización, los sistemas Ciberfísicos y la Inteligencia Artificial. También países asiáticos, como China y su desarrollo en AI, están logrando notables avances en este sector.

En la Argentina, salvo en ciertos mercados verticales específicos, como la industria automotriz y farmacéutica, es muy escaso lo que podría encontrarse dentro del marco Industria 4.0. Por su parte, las pyme argentinas encuentran varios escollos en el camino hacia la transformación digital.

Durante un encuentro convocado por la Cámara de Empresas del Parque Industrial de Pilar, en ocasión de discutir el tema de Industria 4.0 (6 de agosto de 2019) los responsables de dichas empresas mencionan que la inversión necesaria y falta de capacitación del personal entorpecen el camino hacia la Transformación Digital. El [9] Presidente de la Cámara, Lic. Jorge Alonso dice “debemos difundir estas nuevas tecnologías y fundamentalmente acompañar a la formación de los nuevos trabajadores 4.0 a través de estos encuentros”.

1.4. Gestión de la Calidad

El término “Calidad” es muchas veces empleado con el significado de excelencia de un producto o servicio [10] (Oakland, 2002, p.15). Calidad es simplemente el cumplimiento de las exigencias del cliente, lo cual ha sido expresado de diversas maneras por distintos autores.

Mientras Joseph Juran, uno de los más destacados especialistas en la materia, dice simplemente que la Calidad es la adecuación a la finalidad o uso, William Edwards Deming, declara que la calidad debe tener como objetivo las necesidades presentes y futuras del usuario. Por su parte, Phil Crosby, otro de los especialistas en el tema, definía que la Calidad es la conformidad con las exigencias.

Otro aspecto para tener en cuenta es que, en variadas ocasiones, se toman como sinónimos Calidad y Confiabilidad [10] (Oakland, 2002, p.15). Confiabilidad es la capacidad que el producto o servicio tiene para atender las exigencias del cliente en un determinado período. La gestión de la Calidad Total precisa de ambas: de la calidad y la confiabilidad.

La ingeniería de la calidad, creada por Taguchi, es un enfoque en el que la ingeniería se combina con métodos estadísticos con el objetivo de reducir los costos y mejorar la calidad, optimizando el diseño de productos y los procesos de manufactura [1] (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.203). Durante el proceso de gestión de la calidad, la pregunta que normalmente se hace es: ¿hicimos correctamente el trabajo? Esto se refiere al pasado; cualquier defecto que se haya encontrado precisará irremediablemente un retrabajo. La pregunta anterior debe ser reemplazada por: ¿somos capaces de hacer el trabajo correctamente? El enfoque de proceso es el que permite la mejora continua [10] (Oakland, 2002, p.30).

Por su parte, Joe Juran, uno de los fundadores de la gestión de la calidad total (TQM), fue uno de los primeros en proponer la utilización de patrones de comparación y costeo de la calidad y fue también quien popularizó el principio de Pareto para estas aplicaciones, aunque él es más recordado por desarrollar la trilogía de la Calidad, la cual está compuesta por tres procesos gerenciales: planificación de la calidad, mejora de la calidad y control de la calidad [11] (McGrath, Bates, 2014, p.198). Esta trilogía se vincula con el ciclo virtuoso de la mejora continua conocido, por sus siglas en inglés como ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). Deming, quien fue el que trabajó en esa dirección, detectó ciertos vicios que en general se daban en la industria occidental. El núcleo del trabajo de Deming es lo que él denominó las “Enfermedades fatales que infectaron a la industria occidental” [11] (McGrath, Bates, 2014, p.198). Él desarrolla cuáles son a su criterio esas “7 enfermedades”, a saber: (1) la falta de objetivos constantes para el largo plazo, (2) el énfasis en la búsqueda de ganancias en el corto plazo, (3) la evaluación del desempeño individual que perjudica el trabajo en equipo, (4) los constantes cambios a nivel gerencial, lo cual no permite alcanzar objetivos de largo plazo, (5) el manejo de la empresa basándose únicamente en números, (6) costos en salud excesivos de los empleados (perspectiva desde los Estados Unidos) y (7) costos excesivos por garantías debido a la insatisfacción de los clientes.

Calidad, es un proceso de mejora continua. Debido a ello se usa el método de gestión iterativo de cuatro pasos PDCA, el cual es aplicado en las organizaciones para el control y la mejora continua de procesos y productos. Como se ha mencionado, se lo conoce también como círculo, ciclo o rueda de Deming, ciclo de Shewhart, círculo o ciclo de control, o PDSA (Plan-Do-Study-Act). El concepto –y su posterior aplicación- fue presentado en un principio al Dr. Deming por su mentor, Walter Shewhart, de los famosos laboratorios de la Bell en Nueva York.

Otra versión de este ciclo PDCA es el OPDCA, donde la “O” agregada corresponde a la Observación. Este énfasis en la observación y la condición actual tiene relación con el Sistema Lean Toyota de producción [12] (Rother, Mike (2010). Actualmente, el Instituto Deming lo define como el PDSA. El Ciclo PDSA es una serie sistemática de pasos para obtener un aprendizaje valioso y conocimientos para la mejora continua de un producto o proceso. El ciclo comienza con el paso “Plan”; esto implica identificar una meta o un propósito, formular una teoría, definir métricas de éxito, y poner pasos en acción. A estas actividades le sigue la fase “Do”, en el que se implementan los componentes del plan, como por ejemplo, la fabricación de un producto. Luego viene el paso del estudio o de chequeo, donde los resultados se monitorean para probar la validez del plan dando signos de progreso y éxito o problemas y áreas de mejora; esta fase “Check” es la que evalúa las brechas, los desvíos entre los resultados reales y lo planificado. El cuarto paso, “Act”, cierra el ciclo de la mejora continua, integrando el aprendizaje generado por todo el proceso, el cual es utilizado para ajustarlo al objetivo disminuyendo los desvíos, cambiar los métodos, o incluso reformular una teoría por completo. Estos cuatro pasos se repiten una y otra vez como parte de un ciclo interminable de mejora permanente.

Walter Shewhart desarrolló este modelo en la década de 1930, el cual fue luego ampliamente utilizado por Deming y otros especialistas con el fin de implementar programas de mejora de la calidad. Cabe destacar que en este modelo el ciclo es un abordaje sistemático, para enfatizar y necesariamente transitar por esas cuatro fases. Continuando con el concepto de la mejora continua, debe mencionarse la teoría Kaizen.

“Kaizen significa mejoramiento. Más aún, Kaizen significa mejoramiento progresivo que involucra a todos, incluyendo tanto a gerentes como a trabajadores. La filosofía de Kaizen supone una forma de vida, sea vida de

trabajo, social o familiar, merece ser mejorada de forma constante"[13] (Masaaki, 2004).

Cuando se aplica al trabajo, Kaizen significa mejora continua que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual. La estrategia de Kaizen es el concepto de mayor importancia en la administración japonesa. Kaizen incluye diversas herramientas y prácticas, conociéndose al conjunto como "El paraguas de Kaizen" [13] (Masaaki, 2004) el cual consta de: Orientación al cliente, TQM, Círculos de Calidad, Automatización, Disciplina, Sistema de Sugerencias, Mantenimiento total del producto, Kanban, Mejoramiento de la calidad, Justo a Tiempo (JIT), Cero defectos (6 Sigma), Actividades en grupos pequeños, Mejoramiento de la productividad y Desarrollo de nuevos productos.

Respecto de la metodología 6 Sigma, se puede decir que no sólo es una herramienta estadística, sino como dice el autor [14] Rotondaro (2002) "6 Sigma es una metodología estructurada que mejora la calidad por medio de la mejora continua de los procesos envueltos en la producción de un bien o servicio".

Existe una controversia entre los seguidores de Lean y de 6 Sigma; cuál de ellos se aplican, o, en caso de aplicar ambos, ¿en qué orden?

"A veces surge la cuestión de si es mejor primero optimizar un proceso sin remover los pasos que no agregan valor utilizando 6 Sigma, o primero eliminar los pasos que no adicionan valor a través de Lean y entonces optimizar el proceso a través de 6 Sigma... la respuesta es hacer las dos cosas simultáneamente..." [15] (George, 2004, p.66)

En el libro "Quality is Free", [16] Phil Crosby discutió los costos en términos de reclamos de garantía y malas relaciones públicas para las organizaciones, provenientes ellas de la mala calidad de un bien. En el modelo propuesto por [16] Crosby (1979), conocida también como grilla o matriz de Crosby, se establecen cinco fases sucesivas de maduración de calidad: (1) incertidumbre: no saber por qué se tiene un problema de calidad, creando así una tendencia a culpar a otros. (2) Despertar: cuestionar si es necesario siempre tener problemas de calidad, pero no estar dispuesto a dedicar los recursos exigidos para abordar el problema. Aunque la gestión de la calidad puede ser valiosa, la organización no está dispuesta a comprometer recursos. (3) Esclarecimiento: por medio de buena gestión y dedicando recursos suficientes para comenzar a resolver problemas. (4) Sabiduría: creer en el valor de la prevención de defectos, como parte de todas las operaciones. (5) Certeza: saber por qué no se tienen problemas de calidad. [16] (Crosby, 1978).

Crosby argumentó que una organización que estableciera un programa de calidad ahorraría, durante los procesos, una cantidad de dinero que compensaría con holgura el costo de dicho programa. El principio fundamental de la creencia de Crosby era "hacer lo correcto en la primera vez", que él creía que sólo era cumplido cuando una organización alcanzaba un nivel de madurez operacional. Para alcanzar dicha madurez, las organizaciones e individuos debían transitar por esas cinco etapas. La idea principal de la grilla de madurez propuesto por Crosby es describir el comportamiento típico mostrado por una organización en un número de niveles o grados de consolidación de buenas prácticas, para cada criterio en estudio, codificando lo que puede ser considerado como buena práctica, así como formas de transición de un nivel a otro; así, los modelos de madurez permiten a los gestores identificar una trayectoria lógica y progresiva para el desarrollo organizacional.

En cuanto a mejores prácticas para la mejora de la calidad, [13] Masaaki (2004) define catorce pasos, a saber: (1) compromiso de gestión con énfasis en la prevención de defectos y visibilidad.

(2) Equipos de mejora de la calidad compuestos por miembros de cada departamento o función con todas las herramientas necesarias. (3) Medición de la calidad para monitorear el estado y la mejora de las actividades. (4) Costo de la evaluación de la calidad para tener control preciso de los valores. (5) Sensibilización para la calidad mediante la comunicación del costo de la calidad. (6) Acción correctiva para incorporar el hábito de identificar problemas y poder corregirlos. (7) Un comité ad-hoc para defender la teoría de "cero defectos". (8) Formación de un supervisor para que todos los gestores comprendan los programas y puedan explicarlos. (9) "Día cero defectos" para establecer "cero defectos" como el estándar organizacional. (10) Definición de objetivos en equipos, específicos y mensurables. (11) Eliminar las causas de defectos, según lo descrito por los trabajadores individuales, para que la gente sepa que sus problemas son escuchados y respondidos. (12) Reconocimiento genuino para la realización. (13) Consejos de calidad de profesionales de calidad y equipos para información de estado e ideas. (14) Hágalo nuevamente; la repetición hace que el programa sea perpetuo.

Herramientas de la Gestión de la calidad: La Calidad 3.0 continúa utilizando las técnicas y herramientas tradicionales para la resolución de problemas. Existen dos situaciones: la primera es cuando se conocen datos históricos, y la segunda es cuando no se disponen de todos los datos necesarios. En este primer caso, "la mayor parte de los problemas que se presentan en las áreas relacionadas con la producción [...] son las siete herramientas estadísticas para la resolución analítica" [13] (Masaaki, 2004, p.287). Ellas son: (1) Diagrama de Pareto, (2) Diagrama de causa-

efecto, (3) Histogramas, (4) Cartas de Control, (5) Diagramas de dispersión, (6) Gráficas y (7) Hojas de comprobación.

En otras ocasiones, como se dijo, no se disponen de todos los datos necesarios, por ejemplo, frente al desarrollo de un nuevo producto. En estos casos “es necesario ir más allá del enfoque analítico y usar el método de diseño para la resolución de los problemas” [13] (Masaaki, 2004, p.289). Es así como se han definido otras 7 herramientas de calidad, a saber: (1) Diagrama de relaciones, (2) Diagrama de afinidad, (3) Diagrama de árbol, (4) Diagrama matricial, (5) Diagrama matricial para el análisis de datos, (6) Carta del Programa de Decisión del Proceso y (7) Diagrama de flecha. Todas ellas más las nuevas tecnologías de la información y comunicación se aplicarán a la nueva generación de la gestión de la calidad.

1.5. Calidad 4.0

Los principios de la gestión de la calidad no sólo continúan vigentes, sino, en verdad, nada realmente nuevo ha surgido desde los postulados de los grandes especialistas. Como ya se ha mencionado, los 14 factores de Deming, la trilogía y el costo de calidad de Juran, y el programa cero defectos de Crosby con Glenn L. Martin (hoy Lockheed Martin) entre otros. No ha habido avances sustanciales en el mundo de la teoría de la calidad desde hace bastante tiempo. Lo que sí ha evolucionado radicalmente, son algunas de las herramientas que normalmente se utilizan para la gestión de la calidad, en especial el tratamiento de datos.

La calidad 4.0 es la adaptación y mejora de los principios de la calidad, debido a, y con el fin de, aplicarlos a las nuevas fábricas, las fábricas inteligentes, la Industria 4.0. La gestión de la calidad en la industria 4.0 es denominada Calidad 4.0. La misma, no es una tecnología sino un proceso utilizado para maximizar el valor para los usuarios de la tecnología [17] (Jacob, 2017).

Sin embargo, [18] Godina y Matias (2019) dicen que mejorar la precisión de las mediciones para aumentar la calidad del producto terminado podría no ser la única contribución de Industria 4.0 a la calidad general. Las herramientas de la Industria 4.0 podrían contribuir al aumento de la calidad en otras etapas de todo el proceso de producción, como la calidad de la información requerida para la optimización, planificación y operación, la calidad de la previsión, simulaciones y creación de prototipos e inclusive, podrían contribuir a una mejor participación y compromiso de los trabajadores. En resumen, se puede definir a la Calidad 4.0 como la Gestión de la Calidad aplicada a sistemas ciberfísicos, en líneas de producción flexibles, con monitoreo y captura de datos en tiempo real, lo cual permite aseguramiento de la calidad en forma inmediata y con análisis predictivo.

No solo el sistema sino la calidad de la información mejora; esto es debido a los nuevos métodos de captura y análisis de datos.

“... un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados, desarrollados para coleccionar, procesar, almacenar y distribuir información para facilitar la coordinación, el control, análisis, visualización y el proceso de decisiones” [19] (Simoès Gomes; 2002; p.125)

La fortaleza de la conexión de lo digital, el servicio y los dominios físicos, definirá, en última instancia, la calidad de la información necesaria para la planificación, operación y optimización del proceso. El motivo es que cuando los datos se transmiten en tiempo real, la transparencia y la calidad de la información aumentan notablemente. Al adquirir y procesar la información del producto con alta calidad y precisión, se permite un monitoreo y una conciencia automáticos que producen como resultado un aumento en la eficiencia de todos los elementos del concepto de Industria 4.0. El proceso de producción y el sistema de gestión de la calidad, reúnen y utilizan estos tipos de datos e información novedosos para una toma de decisiones y evaluación de procesos más precisa. Tal fortaleza mejora la gestión moderna de la calidad, ya que no solo trata de evitar la producción y entrega de productos defectuosos, sino que también trata de garantizar el mayor desempeño posible con la mejor eficiencia posible para cada proceso de una empresa.

En su estudio, [20] Powell, Romero, Gaiardelli, Cimini y Cavalieri (2018) prueban que se han reducido los costos a través de la eliminación de desperdicios por el uso del “Analytics” (análisis de datos), el cual provee nuevas formas de planificar y producir, coordinando con la cadena de valor superior en el uso del principio JIT (just in time). El autor dice que estamos frente al Lean 4.0.

Mejora de la calidad del pronóstico: algunas herramientas de la Industria 4.0 podrían apoyar la mejora de la nivelación de producción (heijunka). Por ejemplo, la calidad del pronóstico podría mejorarse mediante el análisis de datos. La planificación se vuelve más fácil si el historial de datos se utiliza al mismo tiempo que los datos relacionados con un mejor entendimiento de los requisitos del cliente. Aquí, Big Data puede utilizarse para un análisis exhaustivo de los datos registrados anticipativamente y utilizarse para detectar problemas que puedan ocurrir en distintos procesos de producción; también podrían usarse para pronosticar la aparición de problemas futuros. Big Data también puede usarse para encontrar varias soluciones que pudieran evitar que los problemas antes mencionados vuelvan a ocurrir. Como consecuencia de lo anterior, surge también el concepto del mantenimiento predictivo, PdM (Predictive Maintenance), cuyo propósito principal es reducir los tiempos de parada no programados, y, consecuentemente, mejorar la productividad y reducción de

costos de producción. El PdM se ha destacado como un tema clave de la Industria 4.0 [21] (Yu-Chen, Fan-Tien & Hsien-Cheng, 2017).

Pensamiento sistémico, simulaciones y modelos: la gestión de la calidad 4.0 debe ser pensada como un sistema complejo con múltiples interacciones. El pensamiento sistémico es el estudio de las interacciones; “el pensamiento sistémico te ofrece una manera muy diferente de ver el mundo... comenzás a ver las interacciones que están presentes y que antes no observabas [22] (Jolly, 2015, p.10).

Como se ha dicho, pensar a la Gestión de la Calidad como un sistema supone descubrir lazos de retroalimentación, lo cuales sufren demoras y modifican sustancialmente el comportamiento de dicho sistema en el tiempo; “... un sistema de retroalimentación dinámico y autoajutable, no puede ser gobernado por una política estática e inflexible” [23] (Meadows, 2008., p.177).

Las actuales herramientas de simulación permiten analizar los resultados de las nuevas políticas de calidad antes de ponerlas en práctica. Se usan modelos, los cuales son representaciones limitadas del mundo real, solo para facilitar su estudio dentro de ciertas restricciones. Tal como citara el especialista:

“Sin embargo el modelado no es un sistema real, por lo que sus acciones están limitadas por el alcance de su diseño. La construcción de un modelo es tanto un arte como una ciencia. De esta manera un buen modelo debería poder simular aquellas funciones de un sistema real de suprema importancia para una aplicación dada” [24] Ghosh (2004, p.106).

Las simulaciones y los prototipos podrían permitir el uso de datos en tiempo real para emular el proceso de producción física en un modelo generado por computadora. El modelo podría incluir productos, máquinas y operadores. Esto permitirá probar y optimizar las características de la máquina, en la simulación, para el producto siguiente antes de cualquier fabricación en la vida real, por lo tanto, reduce los tiempos de configuración y aumenta la calidad general. Al emplear simulaciones de un proceso de producción, no solo ayudará a disminuir los tiempos de inactividad y los tiempos de configuración, sino que también ayudará a disminuir el número de fallas de producción en la fase de inicio. La calidad de la toma de decisiones también podría mejorarse si se utilizaran simulaciones para este propósito. Los productos también podrían mejorarse constantemente mediante el uso de simulaciones. Esto significa que cuando se desarrolla un producto, su producción podría simularse al mismo tiempo, lo que permitiría identificar obstáculos y problemas de calidad y crear la posibilidad de eliminarlos antes de que se produzca la primera pieza. Procesos: ya sea en plantas de transformación industrial como en servicios, la serie de actividades que consumen recursos para transformarlas en productos, servicios o resultados son denominados procesos. Se sugiere que los procesos estén estandarizados, ya que, tal como indican [25] Pereira Mello, Sanches da Silva, Turrioni & Gonzaga (2002, p.59), “ la estandarización busca dos objetivos básicos: (1) obtener resultados previsibles en procesos repetitivos garantizando así la calidad previsible a los clientes y (2) proporcionar y mantener el dominio tecnológico en las organizaciones.” Los principios de la industria 4.0 aplicada a servicios generan el denominado Servicio 4.0.

Por su parte, la gestión de los procesos de negocios BPM (Business Process Management) también gozan de los beneficios de las nuevas tecnologías; un ejemplo de ello es la automatización robótica de procesos de negocios denominado RPA (Robotic Process Automation). Es más habitual aplicar herramientas de simulación a procesos de negocios, utilizando representaciones estándares como la BPMN (Business Process Management Notation).

El IoT, la utilización masiva de sensores (sensorización) y las comunicaciones inalámbricas, ofrecen la oportunidad de multiplicar la cantidad de puntos de control en un proceso. Sobre cada actividad o tarea se pueden coleccionar datos, los cuales, una vez analizados, proveen información en tiempo real y permiten la toma de decisiones. Lo novedoso en este caso, es que la toma de decisiones podría ser automática, sin intervención humana, permitiendo la corrección casi instantánea de los desvíos y asegurando la calidad del proceso.

Tal como se observa en la figura 1, se coleccionan y evalúan los datos que se van tomando a partir de puntos de control sobre diferentes actividades del proceso. Esos datos son comparados con patrones, analizando posibles desvíos, siempre en tiempo real. Esos desvíos o brechas disparan acciones correctivas sobre la actividad principal, produciendo un control anticipativo y por ende una corrección preventiva sobre todo el proceso.

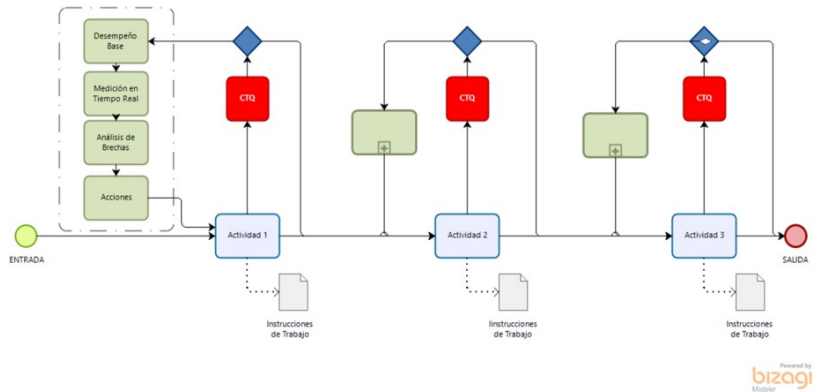


Figura1- Monitoreo y Control en tiempo real. Fuente: propia del autor

Es de imaginar que los centenares de sensores dentro de un proceso, colectando todos ellos datos en tiempo real, generan una inmensa cantidad de datos los cuales deben ser tratados en forma acorde con técnicas analíticas, interviniendo disciplinas como el BD (Big Data), ML (Machine Learning) e AI (Artificial Intelligence).

“A pesar de que la Calidad 4.0 incluye la digitalización de la gestión de la calidad, incluye también tecnologías de calidad, procesos y personas que impactan en la digitalización. La gestión de la calidad en el pasado fue desarrollada por toma de decisiones basadas en datos, pero, actualmente, la toma de decisiones basada en evidencia se ha transformado en más importante y el rol de los analistas se ha enfatizado porque se recopilan grandes cantidades de datos en tiempo real”[26](Sang, 2019).

Aquí es cuando la Ingeniería Informática y los Científicos de Datos ingresan en el mundo industrial como nunca antes lo habían hecho. Es también fundamental la participación y el compromiso de los trabajadores, cada vez más especializados y con conocimientos transversales.

La participación de los empleados en los procesos de producción es entonces otro elemento de la Industria 4.0. Este es un paradigma con conexiones con la cultura digital, la sociedad digital y la Industria 4.0. Cuando se aborda el trabajo humano en el contexto de la Industria 4.0 y la fábrica inteligente, pasión, flexibilidad, responsabilidad, participación, motivación de integración y trabajo en equipo son términos frecuentemente recurrentes.

Las rutinas de participación de los operadores dependen en gran medida del cambio de herramienta utilizado en la fábrica y de los hábitos que se derivan de tales herramientas. El perfil deseado del futuro operador de la planta es ser una persona proactiva y participativa, en contraste con un tipo de operador reactivo o resistente. En el concepto de la Industria y Calidad 4.0, el énfasis debe estar en la participación y la integración del trabajador en el proceso de toma de decisiones, similar a las redes digitales. Hemos definido nueve dimensiones sobre las cuales se deberá trabajar fuertemente para esta transición. El estado actual frente al ideal es el que se ilustra en la figura 2.

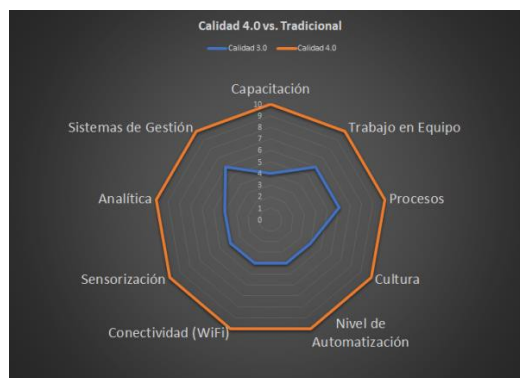


Figura 2 – Dimensiones de la Calidad 4.0. Fuente: propia del autor

1.6. Mantenimiento Predictivo y Gestión de la Calidad 4.0

Al respecto [26]Sang (2019) dice que:

“Este estudio presenta nuevas ideas para la gestión predictiva de la calidad basada en una extensa revisión de la literatura sobre gestión de la calidad y cinco casos reales de gestión predictiva de la calidad basada en nuevas tecnologías. Los resultados del estudio indican que la tecnología avanzada que permite el mantenimiento predictivo se puede aplicar en varias industrias al aprovechar el análisis de Big Data, los sensores inteligentes, la inteligencia artificial y la construcción de plataformas. Dichos sistemas predictivos de gestión de calidad

pueden convertirse en ecosistemas vivos que pueden realizar análisis Causa-Efecto, monitoreo y análisis de Big Data, y una toma de decisiones efectiva en tiempo real...”

[26]Sang (2019) obtuvo los siguientes resultados en su análisis de casos:

Tabla 1 - *Resumen de casos*

Ejemplos de Mantenimiento Predictivo					
	Manufactura	Manufactura	Manufactura	Manufactura	Servicio
Empresa	Rolls-Royce	Hyundai Motors	BOSCH	John Deere	Clova
Propósito	Ofrecer una oportunidad de mejorar los métodos de mantenimiento de motores	Proporcionar seguridad al consumidor a través de una mayor prevención de problemas.	Para apoyar el trabajo de ensamblaje sin errores	Para predecir defectos de instalaciones	Para proporcionar un servicio en tiempo real
Efectos	Gestión en Tiempo-Real	Diagnosticar y prevenir problemas antes de que ocurran para mayor seguridad y comodidad.	Eficiencia de producción y reducción del costo de defectos y errores.	Aplicación para la optimización total de servicios.	Servicios de información precisos.
Mantenimiento Predictivo en la Gestión de la Calidad	Análisis de Big data, Sensores inteligentes, Inteligencia Artificial Tecnologías de la Información y comunicaciones (ICT)				

Tabla 2 - *Procesos de la Gestión de la Calidad a través del Mantenimiento Predictivo*

Requerimientos Tecnológicos	Procesos Operacionales	Objetivos
Big data analytics, AI, Deep learning, Smart sensor, ICT, Robots	Análisis de datos en Tiempo-Real Expertos en Análisis Machine learning, Despliegue de Datos, AI	Mejorar la productividad, Minimizar los costos de mantenimiento, Mejorar la Calidad del Producto, Mejorar la confiabilidad, Mejorar los ingresos

1.7. Beneficios y proyección a futuro

En uno de los estudios académicos más completos, [27] Rüdßmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus & Harnisch (2015) analizan el posible impacto de la Industria 4.0 y sus beneficios, clasificándolos en 4 áreas: Productividad, Ingresos, Empleo e Inversiones. En resumen, los siguientes son los puntos salientes:

Productividad: durante los próximos cinco a diez años la Industria 4.0 será adoptada por más compañías, lo que aumentará la productividad en todos los sectores manufactureros alemanes en € 90 mil millones a € 150 mil millones. Las mejoras en la productividad de los costos de conversión, que excluyen el costo de los materiales, oscilarán entre el 15 y el 25 por ciento. Cuando se tienen en cuenta los costos de los materiales, se lograrán ganancias de productividad del 5 al 8 por ciento. Estas mejoras variarán según la industria. Los fabricantes de componentes industriales pueden lograr algunas de las mayores mejoras de productividad (20 a 30 por ciento), y las compañías automotrices pueden esperar aumentos de 10 a 20 por ciento.

Ingresos: la industria 4.0 también impulsará el crecimiento de los ingresos. La demanda de los fabricantes de equipos mejorados y nuevas aplicaciones de datos, así como la demanda de los consumidores de una variedad más amplia de productos cada vez más personalizados, generará

un crecimiento de ingresos adicional de aproximadamente 30 mil millones de euros al año, o aproximadamente el 1 por ciento del PIB de Alemania.

Empleo: según [8] Sommer (2015) su análisis del impacto de la Industria 4.0 en la fabricación alemana, descubrió que el crecimiento que estimula conducirá a un aumento del 6 por ciento en el empleo durante los próximos diez años. La demanda de empleados en el sector de la ingeniería mecánica puede aumentar aún más, hasta en un 10 por ciento durante el mismo período. Sin embargo, se requerirán diferentes habilidades. A corto plazo, la tendencia hacia una mayor automatización desplazará a algunos de los trabajadores a menudo poco calificados que realizan tareas simples y repetitivas. Al mismo tiempo, el uso creciente de software, conectividad y análisis aumentará la demanda de empleados con competencias en desarrollo de software y tecnologías de TI, como los expertos en mecatrónica con habilidades de software. (La mecatrónica es un campo de la ingeniería que comprende múltiples disciplinas de ingeniería). Esta transformación de la competencia es uno de los desafíos clave por delante.

Inversiones: la adaptación de los procesos de producción para incorporar la Industria 4.0 requerirá que los productores alemanes inviertan alrededor de € 250 mil millones durante los próximos diez años (alrededor del 1 al 1.5 por ciento de los ingresos de los fabricantes)

Los autores opinan que “[...] Muchos mercados emergentes con una fuerza laboral joven y conocedora de la tecnología también podrían aprovechar la oportunidad e incluso crear conceptos de fabricación completamente nuevos.” [8] (Sommer et al. 2015)

Conforme [18] Godina (2019) persisten aún varios desafíos para la implementación de la Industria 4.0 y específicamente, la combinación del control de calidad con este nuevo paradigma. Algunos de los desafíos relacionados con la calidad se enumeran a continuación:

(1) Falta de capacidad de procesamiento: la rápida expansión de IoT ha cimentado la base de la Industria 4.0 al conectar objetos y dispositivos digitalmente. Sin embargo, este tipo de cambios también crean desafíos en relación con varios factores. Por ejemplo, algunos de los desafíos son la gestión efectiva de las enormes cantidades de datos, el proceso de este tipo de datos, su almacenamiento y su conversión en información útil y, por lo tanto, mejorar la toma de decisiones.

(2) Ausencia de retroalimentación para la información requerida sobre calidad: de acuerdo con un estudio realizado en la industria de montaje de vehículos, la retroalimentación relacionada con los datos sobre la calidad que se suministra a los ingenieros y sistemas de calidad solo se encuentra en un grado limitado. También faltaba la retroalimentación en tiempo real y se comunicaba con un retraso de tiempo. La retroalimentación sobre la calidad en diferentes áreas del proceso se produjo solo en intervalos de tiempo dispersos y solo en situaciones de irregularidad o defecto de calidad preocupante, generalmente en las que la retroalimentación de identificación tomó varias horas de trabajo.

(3) La ausencia de una conexión entre el sistema y el operador en el contexto de calidad es otro desafío negativo que debe superarse. Es necesario establecer un método "inteligente" para el control de calidad con respecto al vínculo entre el sistema y el ser humano. En este caso, lo que se necesita es una amplia retroalimentación en tiempo real de los datos relacionados con la calidad, con una visualización fácil de usar del estado de la calidad.

(4) Preparación completa de la información para una visualización adecuada: el operador o el ingeniero deben visualizar correctamente el estado de la calidad. En el estudio realizado la forma en que se visualizaba la información de calidad se limitaba a unos pocos datos importantes elementales. Para superar este desafío, las tecnologías aplicadas deberían ser más completas y diseñadas de una manera amigable para el usuario a fin de visualizar adecuadamente el estado de la calidad.

(5) Una aplicación deficiente de las tecnologías orientadas al proceso: las tecnologías del espacio de trabajo, como la información visual que ayuda al operador, podrían no estar correctamente integradas en el proceso de producción, lo que también podría ocurrir con el control del proceso y la retroalimentación de calidad. Las máquinas y dispositivos físicos deben estar correctamente conectados a los sistemas de calidad implementados.

Finalmente, como conclusión y hablando sobre la Argentina, [28] el Secretario de Producción de Industria de la Nación nos dice durante una entrevista que: (1) la velocidad de desarrollo de esta revolución industrial es la misma que maneja el G20 (Grupo de los 20), ya que es una directiva de ese grupo de países. (2) No es lo mismo el digitalizar una pyme rural que una pyme de la ciudad, ya que son distintos los procesos y necesidades. (3) Lo que lleva mucho trabajo es la adopción de los planes (de inversión), por parte de las pyme. La adopción es baja debido a que hay una resistencia al cambio. En primer lugar está la sensibilización, ya que primero llega la tecnología y luego la adhesión.

1.8. Hallazgos

Basados en nuestras entrevistas en profundidad y considerando los factores clave: Gestión de Procesos, Teoría de la Calidad, Matemáticas y Estadísticas, Pensamiento Sistémico y Trabajo en

Equipo, el resultado obtenido a la fecha es el que se muestra en la figura 3. Se obtendrán más datos estadísticos al finalizar el presente proyecto.

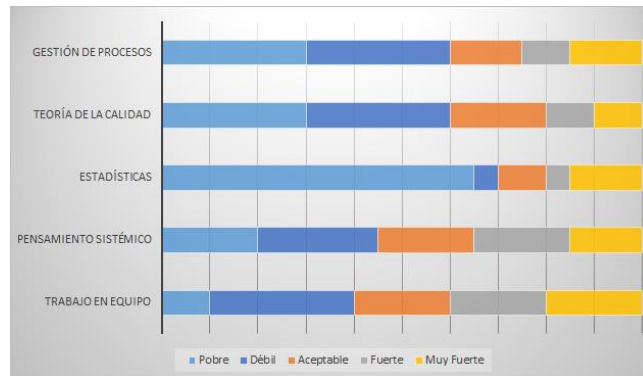


Figura 3—Score por Categorías. Fuente: propia del autor

3. CONCLUSIONES.

La comunicación autónoma entre distintos dispositivos o máquinas sin intervención humana, los sistemas ciberfísicos y la inteligencia artificial, inauguran una nueva era la cual es denominada la 4^{ta} Revolución Industrial. Esta revolución llevada a la industria de transformación y de servicios es la llamada Industria 4.0. La Gestión de la Calidad aplicada a sistemas ciberfísicos, en líneas de producción flexibles, con monitoreo y captura de datos en tiempo real, lo cual permite aseguramiento de la calidad en forma inmediata y con análisis predictivo, es la llamada Calidad 4.0.

Las primeras aproximaciones de la investigación indicarían que las principales dificultades están vinculadas a los costos de la incorporación de estas nuevas tecnologías, la necesidad de capacitación del personal y la comprensión de este nuevo paradigma industrial como una realidad que ya está aquí y se necesita adoptar. Por su parte, las ventajas están fundamentalmente vinculadas a la disponibilidad de más y mejor calidad de datos en tiempo real, lo que permite reducir costos, corregir procesos en menor tiempo y mejorar el producto final.

Se vislumbra que los pasos a seguir para la implementación serían: (1) la capacitación de todos los estamentos de la industria para la comprensión de este nuevo paradigma; (2) la evaluación de necesidades tecnológicas; (3) la incorporación de ellas; (4) la capacitación del personal de planta y análisis de datos y (5) el diseño de programas y procesos de producción adaptados a los cambios. Las nuevas habilidades necesarias serían (1) Colaboración, que es la capacidad para desarrollar trabajo con otros, la ingeniería de procesos e industrial, para desarrollar procesos que no solo sean efectivos (especificaciones técnicas) sino también eficientes en QC / QA. (2) Análisis de datos: capacidad de análisis de Big Data para separar la información real de las falsas. (3) Trabajo digital. (4) Auditorías eficientes y rápidas: auditorías menos frecuentes y realizadas a través de la web y (5) Desarrollo de proveedores: la calidad del proveedor será esencial para la integridad de la calidad digital.

Los siguientes pasos de este trabajo sería cuantificar los esfuerzos para llevar a la práctica la Industria 4.0 y las herramientas de gestión y calidad correspondientes.

4. REFERENCIAS.

- [1] Krajewski, Lee; Ritzman, Larry y Malhotra, Manoj. (2008). Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor. México. 8 ed. Pearson Educación. México
- [2] Hernández Sampieri, H. Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana.
- [3] Taylor, S. J. ,& Bogdan R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados. Barcelona. 1 ed. Paidós. España.
- [4] García Ferrando, M. (1996). La Encuesta. En M. García Ferrando, J. Ibáñez & F.
- [5] Glaser, B., & Strauss, A. (1967). The discovery of grounded theory. Londres: Weidenfield & Nicolson.
- [6] Valles, M.S. Técnicas Cualitativas de Investigación Social – Reflexión metodológica y práctica profesional. Ed. Sítesis, Madrid (2002).
- [7] Creswell, J. W. (2009). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approached. Sage.

- [8] Sommer, L. (2015) Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution? Department of Business Administration and Engineering, Albstadt-Sigmaringen University, Germany. Recuperado de <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1470>
- [9] Presidente de la Cámara Empresaria del Parque Industrial de Pilar, Lic. Jorge Alonso
- [10] Oakland, John S. (1994). Total Quality Management. Oxford. 1.ed. Heinemann Ltd. England.
- [11] McGrath, James; Bates, Bob. (2014). 89 teorias de gestão que todo gestor deve saber. São Paulo . Primera ed. Editora Saraiva. Brasil
- [12] Rother, Mike. (2010). Toyota Kata. New York. McGraw-Hill. USA.
- [13] Masaaki, Imai. (2004). Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa. México DC. Séptima Ed. Random House Inc. México.
- [14] Rotondaro, Roberto. (2002). Seis Sigma: Estrategia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo. 1 Ed. Editora Atlas. Brasil
- [15] George, Muchael L. (2004). Lean Seis Sigma para Servicios: Como utilizar velocidade Lean e Qualidade Seis Sigma para Melhorar Servicios e Transacoes. Rio de Janeiro. QualityMark Editora Ltda. Brasil
- [16] Crosby, Phil. (1978). Quality is free, the art of making quality certain. New York. McGraw-Hill. USA.
- [17] Jacob D. (2017). Quality 4.0 impact and strategy handbook: getting digitally connected to transform quality management. LNS Research, CambridgeGoogle Scholar)
- [18] Godina, Radu; Matias, João. (2019). "Quality Control in the Context of Industry 4.0". Conference Paper. DOI: 10.1007/978-3-030-14973-4_17. Lisboa
- [19] Simoes Gomes, Carlos F.; Cabral Riveiro, Priscilla C. (2004). Gestao da Cadeia de Suprimentos Integrada á Tecnologia da Informacao. São Paulo. 1 Ed. Thomson. Brasil
- [20] Powell, Daryl; Romero, David; Gaiardelli, Paolo; Cimini, Chiara, Cavalieri, Sergio. (2018). "Towards Digital Lean Cyber-Physical Production Systems: Industry 4.0 Technologies as Enablers of Leaner Production". Conference: APMS - Production Management for Data-driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing, At Seoul, Korea, Volume: I. Moon et al. (Eds.), IFIP, AICT 536, Part II, Springer, pp. 353-362
- [21] Yu-Chen Chiu, Fan-Tien Cheng and Hsien-Cheng Huang. (2017). "Developing a factory-wide intelligent predictive maintenance system based on Industry 4.0". Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2017
- [22] Jolly, Rich. (2015). Systems Thinking For Business: Capitalize on Structures Hidden in plain sight. Portland. First Ed. System Solution Press. USA
- [23] Meadows, Donella H. (2008). Thinking in Systems: A Primer. White River Junction. 1 ed. Chelsea Green Publishing. United States of America
- [24] Ghosh, Asish. (2017). Dynamic Systems For Everyone – Understanding How Our World Works. Cham. Second Ed. Springer. Switzerland.
- [25] Pereira Mello, Carlos H.; Sanches da Silva, Carlos E.; Turrioni, Joao B.; Gonzaga Mariano de Souza, Luiz. (2002). ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços. São Paulo. 3 ed. Editora Atlas S.A. Brasil.
- [26] Sang M. Lee; Don, Hee Lee. (2019) The quality management ecosystem for predictive maintenance in the Industry 4.0 era. Youn Sung Kim International Journal of Quality Innovation. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40887-019-0029-5>
- [27] Rüßmann, M. Lorenz, M. Gerbert, P., Waldner M., Justus, J. Engel, P. & Harnisch, M. (2017) *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Recuperado de <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>
- [28] Secretario de Producción de Industria de la Nación, Ministerio de Producción y Trabajo, Argentina, 2019

Implantação de Total Productive Maintenance

Kazuo Hatakeyama, Gleison de Souza Amorim

khatakeyama875@gmail.com, amorimlogistica@hotmail.com

Enterprise Consulting Office - Av. Miguel Navarro y Cañizares,31, apto 701 – Salvador – BA
Faculdade de Tecnologia SENAI – Rua São Paulo, 1.147 - Victor Konder - Blumenau - SC

Abstract

The objective of this research was to apply the total productive maintenance analyzing the performance of the autonomous maintenance pillar in a pilot manufacturing industry. The case study used as a procedure with the nature of research as applied quantitative approach. The results showed that even the pillar of autonomous maintenance, being the process of training, in order to make operators able to promote changes in their work environment that guarantee high levels of productivity, it needs the support of the basic pillars. Without them, such pillar would not have the necessary conditions to act in the planning of application of the methodology. The overall equipment efficiency had its value maximized by 30% in two and a half years, indicating that had its productive capacity high, enabling the increase in the organization's revenues.

Keywords: Autonomous maintenance, Reliability, Availability, Performance

1 INTRODUÇÃO

Mudanças frequentes ocorridas na economia no mundo, com o mercado tornando-se sensível ao preço, levou cada vez mais as empresas a obterem melhores resultados, exigindo a procura de diferenciadores nos processos de produção que melhore continuamente o desempenho [1].

Este artigo aplicou o *total productive maintenance* (TPM) e analisou o desempenho do pilar do *autonomous maintenance* (AM), num setor piloto de uma indústria manufatureira para verificar a variação nos indicadores desta abordagem.

2 MANUTENÇÃO

De acordo com [2], “conceitua a manutenção como o conjunto de atividades com o objetivo de eliminar defeitos de qualidade produzida por danificação e eliminar o ajuste de equipamento”. A manutenção corretiva é caracterizada pela ação de recuperação da capacidade básica do funcionamento ou uma falha ocorrida no equipamento [3].

A manutenção preventiva consiste em ações tomadas com a intenção de manter um ou vários equipamentos em condições de operação pela manutenção repetida num intervalo de tempo planejado pela inspeção, prevenção de falhas, reforma e troca de peças.

2.1 Total productive maintenance – TPM

O TPM propõe a atividade de manutenção produtiva com o envolvimento de todos os níveis da empresa, desde o alto escalão até o nível de operação buscando a melhoria do desempenho global [4], [5], declaram que o TPM, pode estabelecer padrões para eliminar perdas, reduzindo custos de manutenção pela previsão de falhas pelo melhoramento de qualidade do pessoal e de equipamento.

2.2 Fases de implementação do TPM

O autor [6] declarou que o TPM normalmente é implantado por doze etapas no quadro de quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação). TPM é uma ferramenta útil para o suporte no contexto de processo ideal de fabricação. A organização que for capaz de atingir este nível de manutenção, logrará a vantagem competitiva [7].

A TPM normalmente é implantada em doze etapas que consta de quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação) [6], [5]. Representados no Quadro 1.

Quadro 1– As doze etapas para implementação da TPM

Fases	Etapa	Conteúdo
Preparação	1. Declaração de alta direção acerca da decisão de adotar o TPM.	Divulgação acerca da TPM por toda organização. Uso de meios de comunicação disponíveis (murais, seminários, jornal interno, etc.)
	2. Campanha para divulgação e treinamento inicial.	Seminários dirigidos para média e alta administração. Projeção de vídeos para elementos operacionais.
	3. Secretaria para implementação do TPM.	Estruturação dos comitês para implementação da TPM
	4. Diretriz básica do TPM	Objetivo e sua demarcação, previsão dos resultados.
	5. Plano diretor para implementação do TPM.	Delineamento dos planos de cada etapa, desde a introdução até a consagração.
Introdução	6. Decolagem do TPM	Convite aos fornecedores, às empresas afiliadas.
Implementação	7. Construir uma organização projetada para maximizar a eficácia da produção.	Buscar o máximo de eficácia na produção.
	7.1 Conduzir atividades de melhorias focadas	Atividades em equipes de projeto e de pequenos grupos
	7.2 Auto manutenção.	Técnica sequencial auditoria e confirmação da aprovação

	7.3 Planejamento da manutenção.	Manutenção sistemática Manutenção preliminar Gestão da infraestrutura, peças de reserva, ferramentas, desenhos técnicos.
	7.4 Treinamento operacional, de manutenção e de habilitação.	Treinamento coletivo dos líderes; Treinamento dos membros e criação de elos de comunicação.
	8. Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase da operação.	Desenvolver produtos e equipamentos que sejam fáceis de usar.
	9. Construir um sistema de manutenção da qualidade	Estabelecer, manter e controlar as condições para zero defeito.
	10. Construir um sistema de administração eficaz	Incrementar eficácia no suporte à produção; Melhorar e simplificar as funções administrativas e ambientes de escritório.
	11 – Desenvolver um sistema de gestão segurança, saúde e meio ambiente.	Assegurar um ambiente livre de acidentes e de poluição.
Consolidação	12 – realização do TPM e seu aperfeiçoamento.	Candidatura ao prêmio TPM,
		Busca de objetivos mais ambiciosos.

Fonte: Adaptado de [8]

2.2.1 Pilares básicos para o suporte do TPM

Autores [9] sugeriram que a implementação do TPM seguindo 8 pilares, mostrados no Quadro 2. Conforme [10], a TPM abre caminho para o planejamento eficaz, organização, acompanhamento e controle pela metodologia única de oito pilares que buscam o aumento da produtividade do trabalho por meio de controles de manutenção, redução dos custos de serviços, redução de paradas de produção.

Quadro 2 – Desenvolvimento das colunas TPM

1ª geração (Foco no equipamento)	2ª geração (Foco processo/produção)	3ª geração (Foco na companhia)
1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento;	1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento; 6 - Melhoria do departamento de suporte (qualidade).	1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento; 6 - Melhoria do departamento de suporte (qualidade); 7 – TPM na administração; 8 - segurança, higiene e meio ambiente.

Fonte: [4]

De acordo com [4], [11], no contexto competitivo do mercado a melhoria da produtividade pode ser alcançado pela aplicação adequada dos oito pilares.

2.2.2 Indicadores de desempenho

Autores [13], descrevem que os mais utilizados são: *the mean time between failures* – MTBF ou média do tempo de operação entre as falhas e o *the mean time to repair* – MTTR ou o tempo médio para o reparo. Então, o estudo está com o foco nas métricas do OEE, como o indicador para medir de maneira quantitativa o desempenho geral dos recursos em operação, tendo a base para a estimativa a formula 1.1.

$$\text{OEE} = \text{desempenho} \times \text{qualidade} \times \text{disponibilidade} \quad (1.1)$$

Igualmente [14], destacam que os indicadores de manutenção podem ser de dois tipos: os de processo principal e o de resultado da manutenção. O método mais utilizado como métrica mais eficaz é o OEE. A figura 1 apresenta alguns indicadores de manutenção alinhados a esta abordagem.

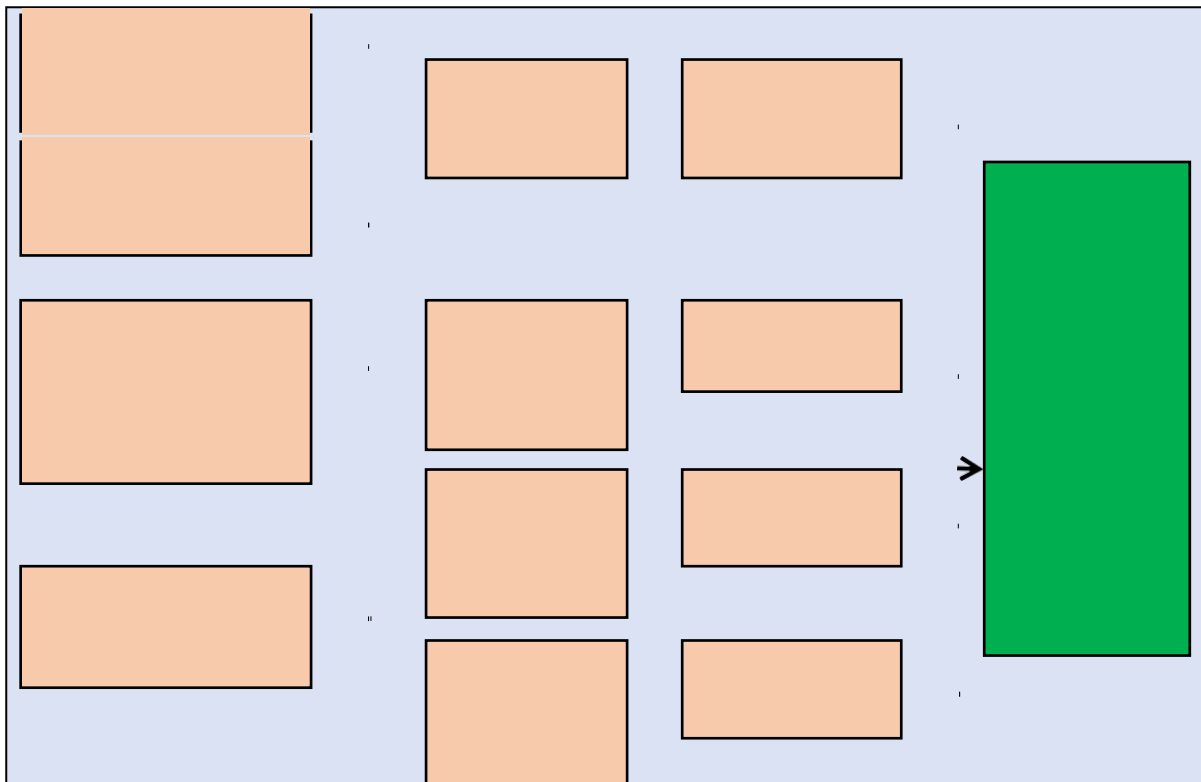


Figura 1 – Indicadores de manutenção na métrica OEE
Fonte: [14]

O autor [15] ressalta que indicadores de manutenção são dados estatísticos relacionados aos processos que devem ser controlados, servindo como base de análise das situações atuais com as anteriores e mensurar o desempenho contra metas estabelecidas. Autores [13] descrevem que os mais utilizados são: o *Mean Time Between Failures* – MTBF ou tempo médio de operação entre falhas e o *Mean Time to Repair* – MTTR ou tempo médio para reparo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à abordagem, a pesquisa define-se como quantitativa. Nesta abordagem os resultados da pesquisa são medidos de forma numérica, baseando-se em toda a população alvo da pesquisa. Quanto ao objetivo a pesquisa é classificada como descritiva, já que o problema em planejar já é explorado, a partir disso é feito um levantamento de dados e observações do entorno. Como parte da pesquisa, o procedimento do trabalho caracteriza-se como estudo de caso, que analisa um tópico baseando-se na experiência seguindo procedimentos e etapas pré- estabelecidas.

Por se tratar de um estudo de caso, a pesquisa utiliza dados primários e secundários. A amostra aplicada foi de natureza indutiva selecionada pela importância dos atores. Já com o problema do estudo definido, inicia-se a definição da unidade de casos a serem estudados, seguindo elabora-se a coleta de dados, a avaliação e análise dos dados e prepara-se o relatório das informações coletadas. A figura 2 descreve os métodos adotados.

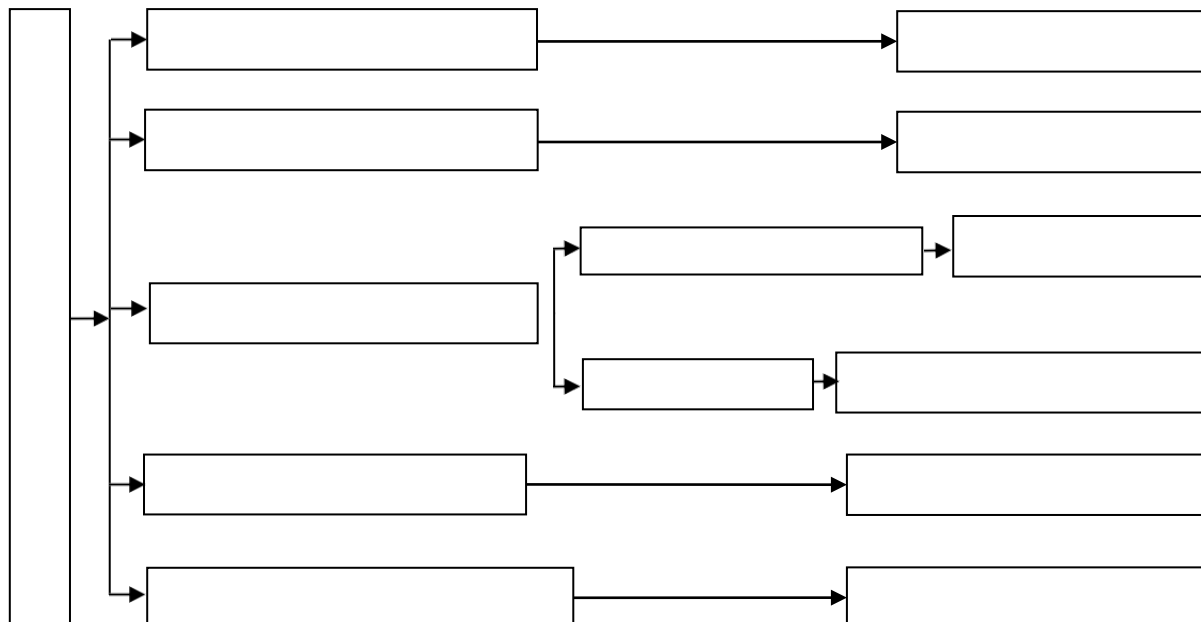


Figura 2 – Métodos adotados
Fonte: Autores (2016)

Utiliza-se também como instrumento de coleta de dados, a observação sistemática não participante, na qual o pesquisador não se integra ao grupo estudado, não se envolvendo na situação, faz somente o papel de espectador.

Esta pesquisa utilizou a abordagem de estudo de caso baseado numa indústria manufatureira. Como abordagem, esta pesquisa é quantitativa e descritiva. Os dados foram obtidos dos indicadores de desempenho industrial e as planilhas de TPM.

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi pela observação sistemática sem a participação do pesquisador e pesquisa documental. A amostragem aplicada foi do tipo indutivo selecionado pelo tipo de importância dos atores.

A pesquisa foi desenvolvida numa indústria manufatureira, nominada como empresa “A” no setor específico denominado C20. Os dados foram coletados no final do ano de 2013 a meados do ano de 2016, incluindo somente os pilares de manutenção autônoma - AM, melhoramento específico - ME, manutenção planejada – MP, educação e treinamento – EDT, foi também criado o pilar de administração de solução de problemas – PASP, os quais foram os pilares básicos que a empresa considerou necessária para implementar na unidade industrial.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O EDT, qualificou o grupo de TPM, qualificando os operadores capacitando-os para realizar pequenos reparos e ajustes dos equipamentos, liberando os técnicos para planejar e resolver anomalias mais relevantes dos equipamentos, e também cumprir o cronograma de manutenção preventiva planejada. O EDT foi a base para que outros pilares ocorressem

No ano de 2014, quando a implementação do TPM foi iniciado, os índices de aplicação na educação e treinamento não eram aceitáveis, tendo baixo desempenho nos indicadores. Em 2015, com as ações estabelecidas pelo pilar de EDT, os índices de aplicação obtiveram melhora relativo em comparação com o ano anterior. Em 2016, as ações estabelecidas pelos pilares do EDT, foram amadurecidos e as pessoas envolvidas no processo entenderam a real importância de terem o compromisso com suas qualificações, com o qual, os índices de aplicação obtidos nos resultados planejados e esperado de 100% atingidos. Vale ressaltar que isto só foi medido até o mês julho daquele ano.

Com o investimento em manutenção, aumentou o custo, objetivando reduzir as falhas, aumentar a disponibilidade, redução do MTTR, aumento de qualidade e o MTBF. Inicialmente pensou-se em manter ou garantir a disponibilidade do equipamento durante o tempo que foi programado para o trabalho, com o menor custo possível.

Os gráficos das figuras 3 a 10, descrevem alguns resultados preliminares, da implementação da TPM no piloto C20.

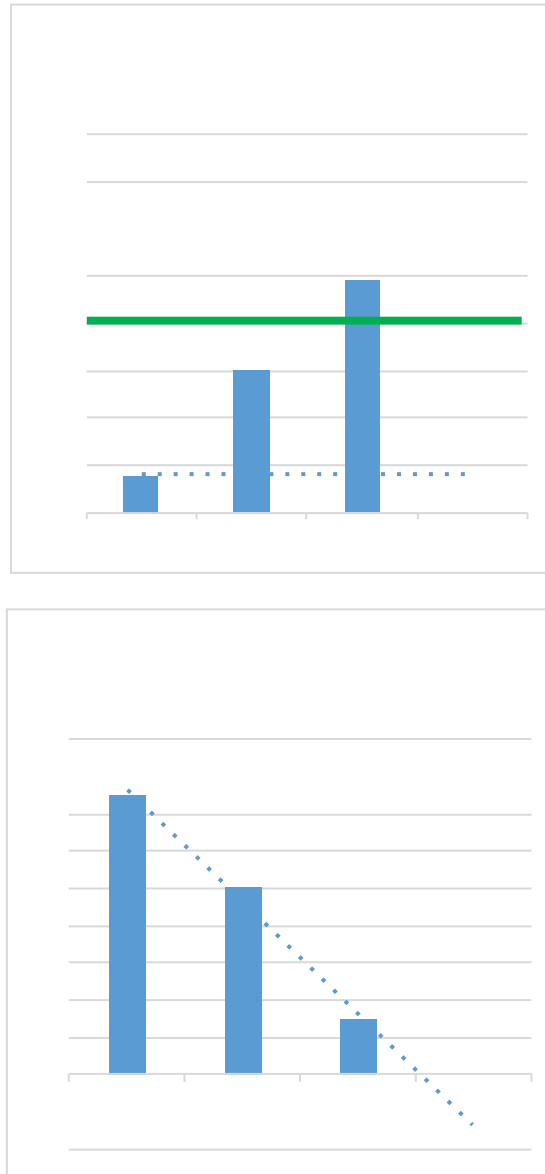


Figura 3 – *Manutenção preventiva/planejada e corretivas*
Fonte: Os autores

Corresponde ao percentual de manutenções preventivas/planejadas, programada *versus* realizadas, descrevendo, que com a implementação da TPM, as manutenções preventivas/planejadas saíram de um percentual de 15% no ano de 2014, para 98% de execução no ano de 2016, ultrapassando o percentual planejado parcialmente.

Já a média de quebra de máquina, teve uma queda de 15%, que em horas equivale a 77,85 horas em 2014, para 3,0%, equivalente em 15,57 horas no ano de 2016, confirmando o aumento da disponibilidade de máquina, já que, quanto menos quebras, mais tempo o equipamento passa em operação. Resultados parciais até o mês de julho do mesmo ano.

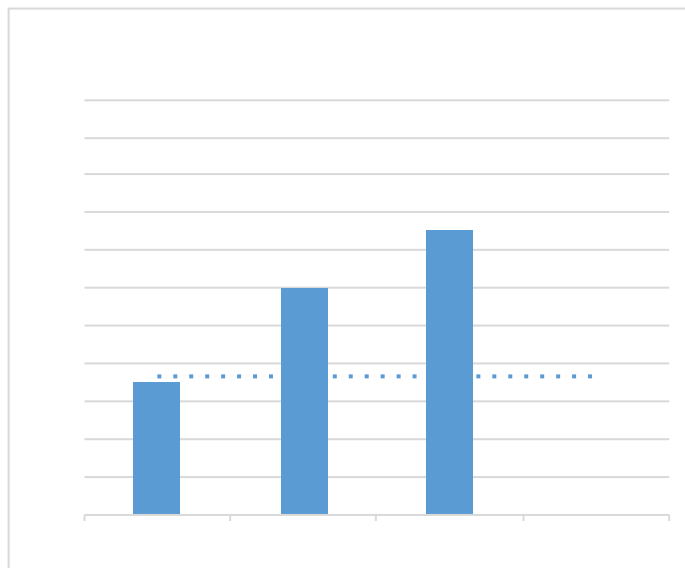


Figura 4 – Disponibilidade de máquina
Fonte: Os autores

A disponibilidade é calculada empregando a equação 1:

$$T_t = d \times h \quad (1)$$

Onde:

T_t - Tempo total

d - Dias

h - Horas

$$\text{Tempo total} = 30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} = 720 \text{ horas}$$

O tempo total é calculado sobre 24 horas. Para tempo disponível, deve-se considerar os horários de refeição dos três turnos (3 horas) totalizando 21 horas/dia. Deve-se considerar 22 dias (5 dias na semana = 40 horas x 4 semanas. Para fechar as 44 horas semanais, falta de 16 horas no mês. Logo se trabalham 2 sábados alternados para compensar essas 16 horas, ficando 4 x 44 = 176 horas, sendo a base de cálculo da disponibilidade no mês (tempo disponível) empregando a equação 2.

$$T_d = n.t \times 176 \text{ h} \quad (2)$$

Onde:

T_d - Tempo disponível

n - Número de turnos

t - Turno

h - Hora

$$\text{Tempo disponível} = 3 \text{ turnos} \times 176 \text{ horas}$$

O índice de disponibilidade apresentou uma significativa melhoria nos resultados no período estudado, conforme descreve a figura 4. No início da implementação da TPM, os percentuais de disponibilidade apresentavam o valor médio de 85%. No decorrer do período, ocorreu uma elevação para 90%, sendo que a média no primeiro semestre de 2016 atingiu o valor de 97%.

O aumento da disponibilidade é consequência direta do comprometimento da equipe e das ações desencadeadas no decorrer da implementação da TPM, para o qual os colaboradores incorporaram a mentalidade da minha máquina cuida eu.

A figura 5 ilustra que o custo de manutenção 2014 a 2016, aumentou significativamente. A empresa ressalta que o motivo dessa elevação, ocorreu, porque o consumo de peças de reposição e a mão de obra aumentaram, já que antes da implementação da TPM, os equipamentos se depreciaram por falta de manutenção planejada e periódica, porém, isso tende a normalizar com o andar da metodologia no C20.

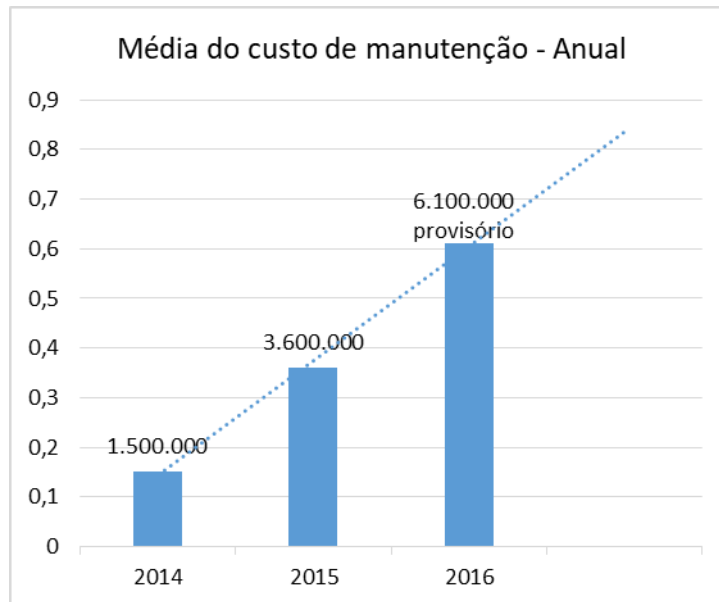


Figura 5 – Média do custo de manutenção
Fonte: Os autores

O investimento teve um significativo aumento de R\$ 1.500.000,00 para R\$ 6.100.000,00. Ressalta-se, que os dados informados foram obtidos por meio de documentos fornecidos pelos setores de manutenção e financeiro da empresa estudada.

O índice de desempenho com a implementação do TPM é ilustrado na figura 6.

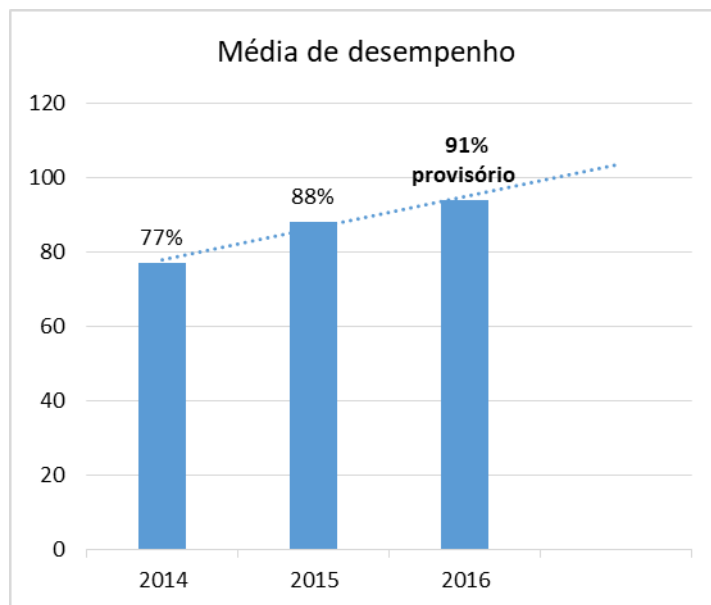


Figura 6 – Índice de desempenho
Fonte: Os autores

A análise de desempenho, ao contrário do índice de disponibilidade que tem seu indicador apoiado em registros de tipologias de paradas, precisa de maior atenção na coleta de dados relacionados às perdas por paradas menores e baixa velocidade. No início houve confusão por parte dos operadores nos lançamentos de dados, já que os mesmos, não tinham tal hábito, que com o passar do tempo obteve uma relativa melhoria, maximizando os resultados parciais.

Conforme figura 5, com os investimentos feitos em manutenção e com a implementação da TPM, o índice de desempenho teve um aumento de 77% percentuais, para 91%, sendo maximizado em 18.1% de 2014, até julho de 2016.

4.1 Melhoria específica

O pilar ME, teve como função identificar as 6 grandes perdas do processo, analisar e detectar causas de perdas/falhas, identificar e estabelecer condições ideais dos equipamentos/máquinas, assim como calcular a disponibilidade + produtividade + qualidade = OEE. Este pilar teve como apoio o pilar GSP criado pela empresa somente para auxiliar o pilar ME.

4.2 O pilar manutenção autônoma

O pilar MA integrou as tarefas indiretas levando as equipes de produção à gestão a autônoma, implantando o pensamento da minha máquina cuidado eu, tais atividades autônomas são: inspeção, limpeza, lubrificação, execução de pequenas reparações e manutenção de rotina. Essas atividades ocasionam impactos significantes nos indicadores TPM.

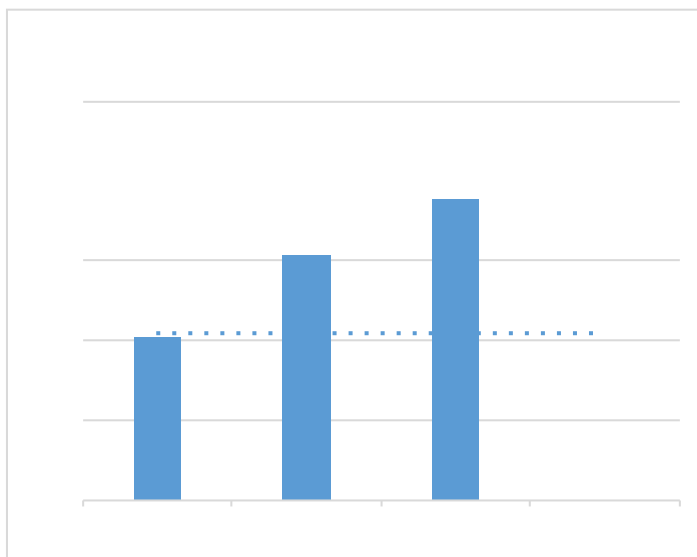


Figura 7 – Tempo médio entre falhas

Fonte: Os autores

Na análise do indicador de tempo médio entre falhas – MTBF, da figura 7, pode-se quantificar, quanto o equipamento/máquina esteve em permanência de operação em cada ano.

Tal indicador relaciona-se diretamente com a confiabilidade, tendo o mesmo um aumento de 87 horas de funcionamento do equipamento de 2014 a 2016. Fazendo a média de cada mês no de 2014, máquina permaneceu parada 5,08 horas/mês, tal resultado surgiu do cálculo 519/102. Já no ano de 2015 a média baixou para 3,39 hora/mês. Em 2016, até o mês de julho como media parcial têm-se 2,74 horas de parada.

Na análise do indicador de tempo médio para reparo – MTTR, da figura 8, pode-se perceber que houve uma minimização do tempo de reparo no equipamento/máquina, tendo iniciado no ano de 2014 em 17 horas e reduzindo para 9 horas em julho de 2016, tendo uma minimização de 52.9% no tempo de reparo de máquina.

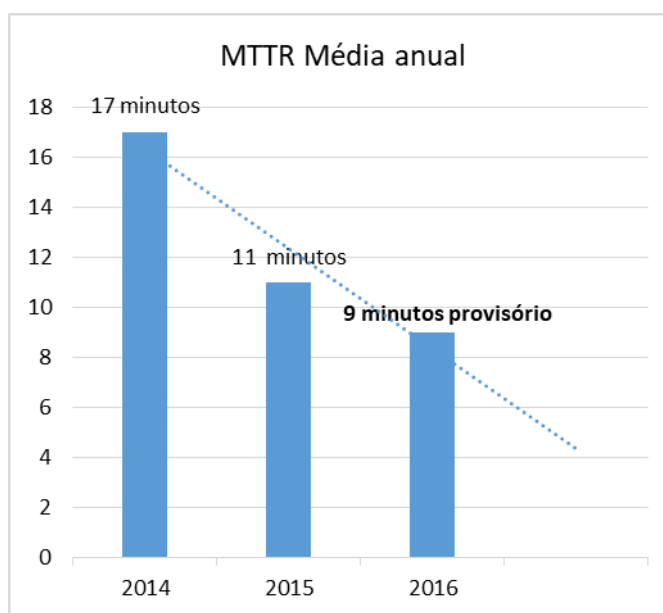


Figura 8 – Tempo médio para reparo

Fonte: Os autores

Já a análise do indicador de qualidade, figura 9, descreve a eliminação do retrabalho, o qual no ano de 2014 obteve 15 unidades fora do padrão de qualidade esperado, porém, até julho de 2016, esse índice foi zero.

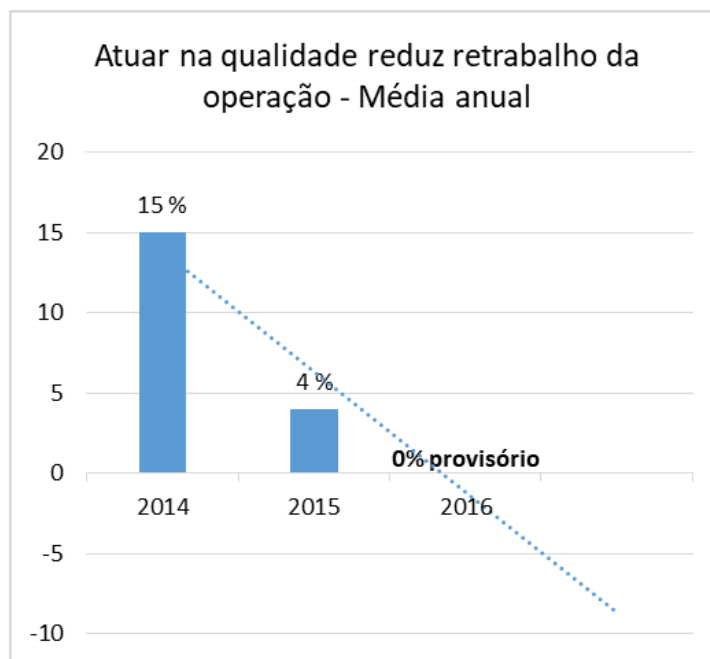


Figura 9 – Qualidade
Fonte: Os autores

Na análise do indicador do OEE, da figura 10, pode-se quantificar, quanto evoluiu tal indicador, desde seu início em 2014 até julho de 2016, dando um salto de eficiência de 55,6% para 85,6%, sendo maximizado em 30%, que é o planejado pela empresa.

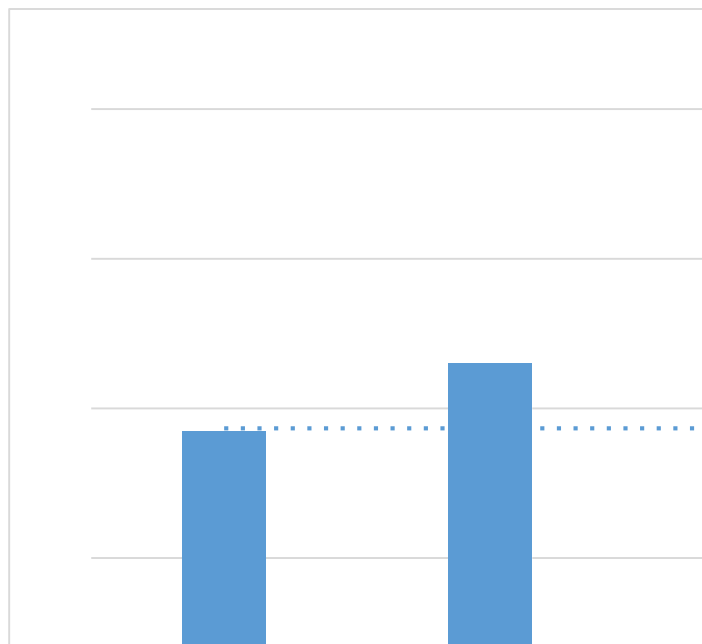


Figura 10 – OEE
Fonte: Os autores

Para tanto, pode-se afirmar que, mesmo o pilar MA, pondo o setor de operação em condições de assumir responsabilidades do setor de manutenção, integrando as tarefas indiretas levando as equipes à gestão autônoma.

Ainda assim, o mesmo necessita dos pilares básicos que ajudam à maximizar a eficiência do equipamento para dar apoio, como o EDT, que qualificou os técnicos de manutenção com mais habilidades a desenvolver a parte analítica, e também educou, qualificou e motivou os colaboradores da operação a desenvolver suas capacidades em manutenção.

4 CONCLUSÕES

O pilar MA com o propósito se tornar eficaz para promover no ambiente de trabalho as mudanças que garantem alto nível de produtividade, necessita de apoio de pilares básicos, de modo que sem os mesmos não teriam condições necessárias para atuar no planejamento de implementação da metodologia TPM.

Como resultado da implementação do TPM, o mais relevante indicador de equipamento/máquina a OEE, teve o valor maximizado para 33% em dois anos e meio, indicando que a capacidade de produção aumentou, tornando possível o aumento de receita da empresa.

5 REFERÊNCIAS

- [1] Singh, K., Ahuja, I.S. (2013) Synergistic suitability of transfusion of TQM-TPM for Indian manufacturing industries using fuzzy-based model simulation. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, v. 4, n. 1, p. 36-46.
- [2] Shirose, K. (2000) TPM Total productive maintenance new implementation program in fabrication and assembly industries. 4. ed. Tokyo: Japan Institute of Plant Maintenance.
- [3] Sachdeva, A., Kumar, D., Kumar, P. (2008) Planning and optimizing the maintenance of paper production systems in a paper plant. *Computer & Industrial Engineering*, v.55, n. 4, p. 817-829.
- [4] Chandegra, P., Deshpande, V.A. (2014) Total Productive Maintenance implementation through different strategies: a review. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, v. 1, n. 11, p. 117-128.
- [5] Pathak. S.S. (2015) TPM Implementation to Fine-Tune Manufacturing Performance: An Indian Industrial Way. *International Journal of Business Quantitative Economics and Applied Management Research*, v.1, n. 8, p. 71-82.
- [6] Nakajima, S. (1989) Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance. IMC, São Paulo.
- [7] Waghmare, S.N., et al. (2014) Failure Mode Effect Analysis and Total Productive Maintenance: A Review. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*, v. 1, n. 6, p. 183-203.
- [8] Suzuki, T. (1993) TPM – Total Productive Maintenance. JIPM & IMC, São Paulo.
- [9] Lazim, H.M., et al. (2008) Total productive maintenance and performance: A Malaysian SME experience. *International Review of Business Research Paper*, v. 4, n. 4, p. 237-250.
- [10] Wakjira, M.W., Singh, A.P. (2012) Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry. *Global Journal of Researches in Industrial Engineering*, v 12, n. 1, p. 24-32.
- [11] Vinay, K. S. et al. (2014) Action Plans in Implementing Total Productive Energy Maintenance in Industry. *International Journal of Innovative Research & Development*, v. 3, n. 6, p. 42-48.
- [12] Chaves, R.P., Callado, A.A.C. (2014) *Ciência da Administração*, v. 20, n. 1, p. 80-105.
- [13] Rhee, S.J., Ishii, K. (2004) Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. *Advanced Engineering Informatics*, v. 17, p.179-188.
- [14] Muchiri, P et al. (2010) Development of maintenance function, performance e measurement frame work and indicators. *International Journal of Production Economics* DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039
- [15] Filho, G. B. (2006) Indicadores e índices de manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.

Survey on thermal comfort in the metal industries

Norma De Melo Pinto

Ergonomics Consulting Office/ Vitoria, Espirito Santo,
Brazil E-mail: normapintodemelo@gmail.com

Abstract:

The purpose of this survey is to investigate about the extent of job satisfaction of workers in metal manufacturing industry. To study the subject matter and to comply with its goals, the investigation based on empirical procedure required to the systematic observation and, the search for relevant details “*in locus*” which was possible through the researcher’s acquaintance with wide known experts experienced on the peculiarities of this theme. The results derived from the variables taken for measurements of an environment of an industrial plant operating whilst getting the variable sensations reported by the employees. Later to calculate the PMV and PPD indexes on the collected subjective parameters from the environment. It is also included herein, the statistical analysis that gave grounds for verifying the variables Normality in this study, so to distinguish the correlation and the non-linear regression of the variables coming up in this research. The estimated indexes, the subjective collected parameters, the surveyed sectors unities were out of the regulated range of thermal comfort standards, mainly in relation to the temperature. The research ratifies the validity of ISO 7730 (2005) in this field study and, the data collected being liable to be compared with similar researches into other steel making plants.

Keywords: Thermal comfort; Industrial environment; Job satisfaction; Physical health

1. INTRODUCTION

The man, since the start of the existence, searched for the cavern to shelter from the sun and the rain. Intuitively learned to protect from the aggressive environment. The human organ, in its evolution process, developed several set of mechanisms that allow its adaptation to the environment aiming the wellbeing. The scientific concern of the man with thermal comfort is an old issue. The first condition for a person to be in a state of thermal comfort is the assurance that he is in a thermal balance with the heat generated by his body's organs is proportionally dissipated to the environment, utilizing the heat exchanging through convection, radiation, conduction and evaporation.

A comfort as well as a thermal stress are associated to the subjective field of the human sensations conditioned to physical, physiological and psychological factors. The thermal stressing may come derived from a psycho-physiological state under which an individual might undergo when exposed to an extremely cold or hot environment conditions: *cold stress* and/or *heat stress*. Thermal stressing is a subjective response that leads an individual to express personal thermal dissatisfaction that derives from the changes in his body as a result from the environmental exceeding high or low temperatures.

The results deriving from studies and their diversified various applicability to the already built up constructions, have implemented better environmental conditions, so as, to allow that the duration and intensity of the occupants or employees job activities to be compatible with their psychophysiological characteristics.

2. PURPOSE

The purpose of this survey is to investigate about the extent of job satisfaction of workers in metal manufacturing industry under severe thermal environment conditions. To analyze the currently existing conditions of thermal comfort in an environment of a steel making industry and the effects thereof on its employees while they are in their metallurgical work activities.

Thus, this study developed as done by the second group, since it seeks the knowledge of the existing conditions and parameters to determine the environment thermal comfort for the plant facilities of an industry operating in the field of metal making products. It analyses the environment and individual personal variances, as well as the subjective parameters required for the environment where the individuals work with metal making and handling apparatus which involves or not the heat while in search of new knowledge and arguments for updating the currently existing literature on thermal comfort. However, this is not the purpose of this study to analyze the thermal discomfort caused either by cold or by heat over the undesired points of human body.

3. METHODOLOGY

To study the subject matter and to comply with its goals, the investigation based on empirical procedure required to the systematic observation and, the search for relevant details "in locus" which was possible through the researcher's acquaintance with wide-known experts experienced on the peculiarities of this theme. Primarily the bibliographic details of the subject and concepts on thermal comfort were gathered.

As to the classification of this survey for the research characterized as an experimental one. According to [1], this experimental research considered an example of scientific researches, since there exists a high level of situation control thereon, being possible to separate each of any structures from the external interferences whatsoever thereon, thus its results generating greater reliability. Even though, it is flexibility allows that a solution given to the countless distinct problems in a single experiment. From the viewpoint on the way of approaching the problems, this research is characterized as an overwhelmingly quantitative and, it aims to measure the determined variables that guide it in conformity with [2], this showing the specific characteristic of a quantitative approaching.

According to its objective, this survey of research considered an exploratory one, involving the gathered published bibliographies in addition to collected data from the field researches, interviews and quests. The aim of exploratory research is to identify the variables in study as actually introduce, their meaning and the context where they inserted. To [3] it assume that the human behavior rather understood in the social context where it occurs.

Significant parameters observed in the assessment of thermal comfort in the environment of an industrial plant, with the use of a Comfortmeter Sensu apparatus for the measurements. The procedures for the measurements were in conformity with what determines the [4].

3.1. Literature review

Under the 1988 [5] support, observed that the work environment is to consider the existing physical and the climatic factors that prevail in the areas of the work environment that might come to influence the employee personal quality of living. The greater deal of an individual lifetime spent inside his works environment that expected to provide him with a dignifying quality of living, as emphasizes [6] and [7] when defining the work environment as "*A complex conditions under which the work force and the capital come together to generate goods and profits*". To [8], the work environment comprises its housing, illumination and the overall work facilities, as well as the salubrious conditions and its eventual peril risks, the wearisome prevention from work turns, materials handling and other elements composing the machine-labor complex.

3.2. Heat exposure in an industry plant environment

To author [9], an environment with noisy and heat work conditions may cause discomfort and increasing accident risks with considerable damages to the health of the employees. As asserted by [10], in some industrial lines of activities the heat produced from the thermal energy may cause serious risk of physical damage to a series of professional activities.

The thermal environment involves parameters that affect the human body's gains and losses of heat. The air temperature, its flowing speed and, the relative humidity and radiance mean temperature, as well as the clothes the workers wear and, the intensity of the human activity, are factors that may unbalance the human thermal body in a specific thermal environment. Authors [11] state that the literature provides several models to serve as a reference source for the human required thermal sensation if under the herein mentioned factors.

The human being concern is to get his own wellbeing and comfort in line with the current humankind development, i.e., the developer are the people more demanding they are regarding their wellbeing and comfort [12]. Within this scope of understanding, some concepts approached herein, so as, to give support to this study in the forthcoming sections covering thermal stress and some indexes, environment comfort and thermal comfort as well.

3.3. Thermal stress and some indexes

The thermal stress divided into stress caused by heat or by cold. According to [13], a thermal stress caused by heat represents a situation of extreme heat that harms the individual organs, causing him a wearing mechanism for thermal balancing.

According to [14], the environments considered too cold could lead to a cold stress. Environments like these and their effects over an individual had searched into, the main index for determining the cold thermal stress known as (IREQ) "*Index required for the Insulation of clothes*." This research does not include the study on thermal stress.

3.4. Environmental comfort

The environment thermal comfort either in a stage of draughts or for environments already built comprises the visual, acoustics and ergonomic comforts. Undoubtedly, according [15] the thermal comfort responds for a better part of an environment comfort either at home or at school and, at a commerce housing as well. Author [12] stated that having in mind the human organs are comparable to a machine that continuously generates heat exhaled to the environment the unbalance between heat generation and the exhaled portion thereof cause unpleasant sensations and lead an individual to a thermal stress.

3.5. Thermal comfort

The thermal comfort is a result of the combination of adjusted parameters, either, for the environment and for the human body [16]. Within this context, the [17] defines that the thermal comfort is a state of mind that expresses satisfaction with the thermal environment and, considers that the

dissatisfaction may occur owing to the heat or cold in the body as a whole or in specific parts thereof, the latter defined as localized discomfort.

According to the editions of the norms [17], [18] and [19], the central definition of thermal comfort focused in the state of mind expressing comfort satisfaction with the thermal environment. That is a definition easy to accept, however, it is not easy to turn into physical measurable parameters. Author [20] makes a brief report and clarifies that the Fanger method [21] adopted as a basis for the preparation of the [17], that held in force until 1994 when it updated.

Regarding the [19], it determines that an environment be thermally comforting when the values of the PMV are found within the interval $-0.5 < PMV < +0.5$, and the values of the PPD $< 10\%$. Generically, adopt the mathematical model to allow the calculation of the PMV, since the variances are known (thermal insulated clothes and metabolic rates), as well as the environmental variances (radiant mean temperature, temperature and its damping proportion, as well as the speed rate of the air draught). Also having a table of complexes which allows that the PMV is gotten directly thereof for each of the distinct combined metabolic rates, thermal insulated clothes, operative temperature and, for the related speed of the air.

In line with that, [21] asserts "*that the thermal comfort is a state of mind that express satisfaction with the thermal environment*", whereas the author [22] reports that the research developed within the period 1970 to 1986 evidenced that the thermal comfort is related to the thermal balance of the human body.

Thus, the thermal comfort may be a state of mind that reflects satisfaction with the thermal environment since having the comprehension that the assessment of this requires a resource that allows the analysis of the degree of satisfaction and well-being of a person able to measure the comfort and the discomfort as well.

When a most of the employees expresses their thermal comfort from their stay under an ordinary environment condition, such environment may consider thermally comfortable [12]. Whereas for the thermal neutrality, [21] asserts that a person does not prefer neither heat nor cold, once his body is in a thermal neutrality condition, i.e., while the heat generated by his organism is discharged to the environment.

According to [19], the most common factors of a specific localized discomfort are the asymmetric radiant temperatures, air draught, the vertical disparity of the air temperature, and contact to cold or heat floors. To this point, the clauses 6 and 7 of the [19] clarify that the thermal environment of housings and/or of work places will come to change along the time and, their current conditions may come to modify within the recommended limits. A method for the long term of thermal assessment focused in the Clause 9 of the aforementioned Norm. Thus, can assert that the studies on thermal comfort provide guidelines for the preparation of a detailed thermal analysis of an environment.

3.6. Heat exchanges between the human body and the environment

The human body generates heat by his metabolism as the result of its physical activities. Part of the generated heat is to keep its internal organs on a temperature close to 37 °C degrees and, the heat in excess eliminated through the heat exchanging between the body and the environment by sweat evaporation, as well as through convection, radiation and conduction.

According to [9], the body internal temperature may oscillate in 37 ± 2 °C, i.e., from 35 °C to 39 °C. Beyond or less than these values indicates abnormality and yet, the temperatures below 25 °C and above 42 °C may lead an individual to die. "*This differs from the temperature of the skin surface which may vary in each part of the body and, also undergo major variations if in contact with external atmosphere.*"

In corroboration, [23] and [24] assert that the human organs are homeothermal and keep their internal temperature to 37 °C, with an acceptable narrow limitation close to 36.1 °C and 37.2 °C, whilst 32 °C is the minimum acceptable limit and, 42 °C the utmost acceptable limit for someone to survive from a disease state. The temperature variations for protection of the body's organism are more intense in the warm than in the cold season, however, it can be said that "*it is easier for an organism to keep its corporeal temperature when undergoing rather a cooling than a heating condition*" [24].

To [25], the losses of sweat by means of water evaporation related to the heat carried from the body interior forward to the skin and, to the sweat evaporation across itself. The intensity of the heat losses by water evaporation depends on the area of the skin and, on the difference between the pressure of the steam water over the skin and, on the environment remaining air. The air humidity influences the sweat evaporation through the skin. The drier is the air, more intense is the sweat evaporation

and, better is the sensation of skin freshness, this leading the employee to execute his work tasks under a milder thermal sensation than the air temperature measured by the thermometer.

In reverse, as much closer the air humidity is to saturation, lesser is the sweat evaporation and, greater will be the possibility of an employee's body to have its internal temperature raised while doing his work tasks. This may lead him to feel an environment warmer than the temperature measured by the thermometer and, even alter his physiological trends then, reflecting over his work productivity and safety.

To [9], the ventilation is an important factor in the thermal comfort. In environments warmer than 35 °C, the evaporation is the only available resource for the body organs to eliminate its overheat and, to keep its thermal comforting balance with a nice breeze close to its skin. The ventilation helps to remove, by convection, the heat generated by the body. Upon the removal of the saturated air close to the skin, the air flowing turns easier the sweat evaporation and the body becomes refreshing. In industrial environments, the ventilation may be the main factor for the removal of the polluted aero-diffusing air.

The speed of air is pleasant when it is between 0.1 and 0.2 m/s for an environment where in work soft task activities, under a temperature around 24 °C. Heavy work tasks activities or under saturated air the preferring air speed raise from 0.2 to 0.5 m/s. The Norm NR-17 determines that the maximum air speed be of 0.75 m/s for work light tasks. This speed must reduce to 0.15 m/s during the winter. In environments with heat sources and works heavy tasks, that speed may raise up to 1.50 m/s [7]. An adjusting model of thermal comfort takes into account a series of responses gathered from persons in buildings, so as, to get a thermal comfort therein.

3.7. Assessment of the clothes thermal insulation

This research utilized the [26] to determine the values for the employees' thermal insulated dressings. Some of the dressing insulating values suggested by the International Norm for a variety of garments complexity for the employees work tasks not found at the researched industry, thus, a combined sum of values of "clo" for sundry pieces assumed, as recognized by [26]. Table 1 shows some values of clothes thermal insulation for daily work use.

Table 1: Values for clothing thermal insulation, Source: Adapted from [26]

Garment c (clo)	(clo)	(c)
Apron	0.30	
Wool made sweater	0.30	
Boot	0.10	
Long sleeves made of light fabrics	0.22	
Short sleeves shirt an uniform	0.15	
Wool made shirt with long sleeves	0.30	
Trousers of an uniform	0.25	
Long sleeves shirt made of nylon	0.25	
Underpants	0.10	
Gloves	0.05	
Socks	0.02	
Knee stockings ³ / ₄	0.05	
Ordinary shoes	0.08	
Shirt, knitted trousers, shoes		0.65
Shirt, trousers, underpants, stockings, shoes		0.75
Shirt, trousers, jacket, stockings, shoes		0.86

3.8. Model predicting the thermal sensations (*sens pred*) through multiple regression

In order to predict the rates of the sensation variable, on the basis, of another personal and environmental variables and, to describe the relationship among them, it was utilized a multiple linear regression [27]. The coefficients of the regression equation were determined and calculated onto a specific software in conformity with the statistical studies of [27] and [28], and, their corresponding results.

4. FIELD SURVEY

The measurements works and observations were carried out in May, August and November, 2010 at the same places of work. The table 4 reflects the sectors, dates, locations, quantity of employees in searching and, the measurement figures. Six days established for measuring, for each scheduled month, repeated in the following way:

1st day at the environment of bending process; 2nd day at the press shaping sector; 3rd day at the parts unloading sector; 4th day at the parts loading sector; 5th day either at the metal bending processing and containers sectors; 6th day at sector of the containers stippling and seaming.

The corporate allocated the Specialized Service of Safety Engineering and Labor Medical Care, so as, to provide the industrial area of works with the required signaling, also allocating an electrician to devote some of his working time to supply energy for the measuring equipment. Was provided the required signaling, also having authorized one of its employees attending the Technical Course of Labor Safety to assist this research as a trainee.

A total of 72 measurements of the environment variables were taken, including those of the employees personal and subjective variables, of which 24 measurements were taken during 6 days of May; another 24 measurements during 6 days of August, and 24 measurements in 6 days of November, 2010, as shown in the Table 4. The measuring works carried out by male employees, the better part of them working on their stand up position. The resulting details of the examined environment collected without any modification in the works processing routine. The total quantity of examinations for the variables of this research corresponds to 72 measurements taken.

5. RESULTS

The results derived from the variables taken for measurements of an environment of an industrial plant operating in the field of metal industry whilst getting the variable sensations reported by the employees. Later to calculate the PMV and PPD indexes on the collected subjective parameters from the environment. It is also included herein, the statistical analysis that gave grounds for verifying the variables normality in this study, so to distinguish the correlation and the non-linear regression of the variables coming up in this research.

Table 1: *Measurement places, dates and employees, Source: Adapted from [26]*

Sector	Work sector	Date	Employee	Measurement
Stamping	Bending machine	18.05.2010	5	01 to 0
	Presses	19.05.2010	8	05 to 08
Painting	Unloading sector	20.05.2010	7	09 to 12
	Loading sector	21.05.2010	5	13 to 16
Stamping	Bending & presses	25.05.2010	8	17 to 20
Container	Seaming & stippling	26.05.2010	8	21 to 24
Stamping	Bending machine	17.08.2010	15	25 to 28
Presses		18.08.2010	7	29 to 32
Painting	Unloading	19.08.2010	6	33 to 36
	Loading	20.08.2010	5	37 to 40
Stamping	Bending & presses	24.08.2010	7	41 to 44
Container	Seaming	25.08.2010	8	45 to 48
Stamping	Bending	16.11.2010	14	49 to 52
Presses		17.11.2010	8	53 to 56
Painting	Unloading	18.11.2010	9	57 to 60
	Loading	19.11.2010	5	61 to 64
Stamping	Molding & presses	23.11.2010	9	65 to 68
Container	Pointers (sealing)	24.11.2010	9	69 to 72
Total surveyed			153	

The measurements recording of environmental variables, as well as those of air temperature, speed of air flowing, globe temperature and related moisture in the air temperature, scheduled to do at every 30 minutes in the equipment that stabilizes after a period of 25 minutes. Along the

measurements tasks, the employees kept themselves working normally, while they submitted to the questionnaire forms on their thermal sensations and preferences.

At the same time, their clothing and work activities observed. Noted down for the purpose of setting up afterwards, their applicable metabolic rates in the calculation of their metabolic produced heat (M), in conformity with the [29] and, the used thermal insulated clothing (Icl) in the calculation of the thermal clothing resistance, in conformity with the [26].

The studies of [30] show the range of thermal sensations of ASHRAE, Bedford and the scale of Preference. The adopted questionnaire forms for this research comprises a range of thermal sensations and another for thermal preferences with a diffused interpretation. as shown in the Figure 1.

Numeric code (Seven point scale)	ASHARE scale Thermal sensation	THERMAL PREFERENCE
3	Very hot	Rather cold
2	Hot	Too cold
1	Slightly hot	Slightly cold
0	Neutral	No change
-1	Slightly cold	Slightly hotter
-2	Cold	Very hot
-3	Very cold	Too hot

Figure 1: Range of thermal sensations and preferences, Source: Adapted from [30]

The thermal sensation is the perception of a thermal comfort in relation to the environment and, the thermal preference is the individual consciousness that is the situation to obtain thermal comfort. According to [19], in the situation of thermal comfort where $(-0.5 < \text{Sens} < +0.5)$ the percentage of thermally dissatisfied with the environment is 10%. The thermal adequacy shall determine whether an environment is comfortable for its occupants, through the analysis of the percentage of the dissatisfied occupants found in the reported sensations with intervals of $(-0.5 < \text{Sens} < +0.5)$. Better explaining, the thermal comfort occurs in the referred to interval, for the dissatisfied individuals analyzed in their job site.

The thermal sensations and preferences reported by the interviewed individuals analyzed as per the ASHRAE Standard 55 - 1981 and, the checked thermal comfort indexes were analyzed in accordance with the [19], and as determined by [18]. The measurements taken in homogeneous environments with the bodies up to the level of their abdomen at the height of 1.1 m of employees in their stand up position, and 0.6 m for those in charge of handling the presses, whilst an equipment for the measurement of the environmental variables was used. The questionnaire forms passed on to the employees to report therein their personal variables for the subjective parameters.

6. ANALYSIS

6.1. Assessment of the PMV indexes

The [19] clears up that the human being thermal sensation is associated mainly with his body's thermal balance as a whole. That balance is influenced by the physical activities and by the clothes that are worn and by the environment parameters such as: air temperature, mean radiant temperature and, by the speed and humidity of the air as well. When these factors estimated or measured, the body's thermal sensation as a whole may foresee through 'the estimated Parameters Mean Votes (PMV).

On awareness of the personal parameters and those of the clothes thermal insulation, as well as, on the metabolic rate in activities upon measuring the physical parameters, the air temperature, the radiance mean temperature, the speed and humidity of the air. The PMV calculated by the Equation 1, as indicated by [19].

$$\text{PMV} = (0.303 \cdot \text{EXP}(-0.036M) + 0.28) \cdot L \quad (1)$$

where:

PMV = Estimated Mean Votes, or analytical sensation of thermal comfort that was not possible to be dimensioned.

M = Metabolic rate producing the body heat caused by its activity in work tasks, in W/m^2 ;

L = Thermal load acting over the body, in W/m^2 .

According to [19], it is recommended the use of the PMV index between the values -2 to +2 in the seventh range of sensations. It also recommended the utilization of the PMV when the six parameters found in the following intervals:

- M = 46 to 232 W/m²(0.8 to 4.0 met);
- |c| = 0 to 0.31 m² °C/W (0 to 2 clo);
- Trm = 10 °C to 40 °C;
- Sar = 0 to 1 m/s;
- Pa = 0 to 2700 Pa

The PMV predicts a mean value for a given large group of persons, in conformity with the range of a seven points of sensations. Positive values corresponding to situations of heat discomfort, the zero value corresponding to a situation of comfort and, negative values indicating cold discomfort. The existing sensorial scale varies as follows: +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, and respectively correspond to very hot; hot; slightly hot; neutral; slightly cold and very cold sensations.

6.2. Calculation of the PPD indexes

The predicting percentage of dissatisfied persons (PPD) provides information about the thermal discomfort or thermal dissatisfaction, because it foresees the percentage of persons that might feel very hot or very cold in a specific environment. The values of the PMV and the equation indicated by [19] as already aforementioned, were utilized to determining the PPD index applicable.

The PPD index that indicates the percentage of dissatisfied persons with the environment then existing thermal conditions that are straight in line with the PMV, may be obtained from the same data and software utilized for the calculation of the PMV or, by means of the scheme as shown in the Figure 2.

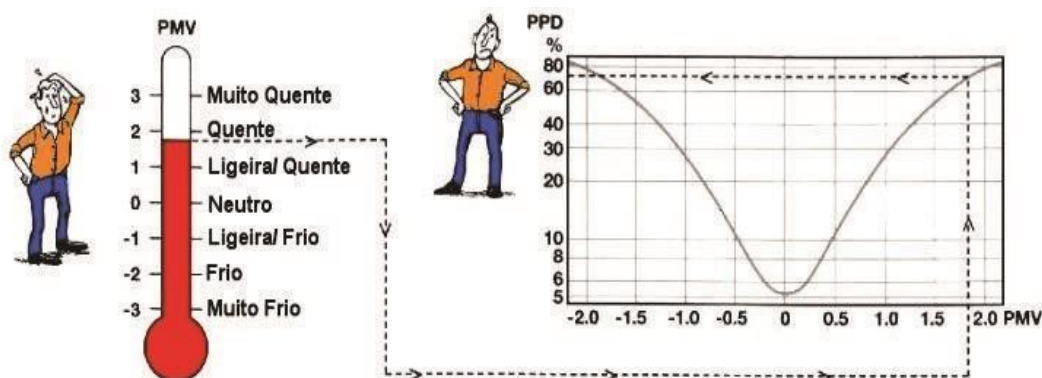


Figure 2: Percentage of Dissatisfied Persons as per the Parameter Mean Vote, Source: [31]

When the PMV is already calculated, the PPD can gotten from the graph contained in the [18], or, analytically through the expression introduced by the Equation 2, as follows:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \text{EXP}(- (0.03353 \cdot \text{PMV}^4 + 0.2179 \cdot \text{PMV}^2)) \quad (2) \text{ where:}$$

PPD = percentage of persons dissatisfied, in %;

PMV = percentage of estimate mean vote, or, analytical sensation of thermal comfort, pending to the individuals personal reported sensations.

According [19], an environment is considered to be thermally acceptable when it satisfies at least 94% of its occupants, at a PMV between $-0.2 < \text{PMV} < +0.2$, or when 90% of its occupants are satisfied. At the PMV between $-0.5 < \text{PMV} < +0.5$ (the latter being a prior version of [18] and, when it satisfies 85% of its occupants with the PMV being between $-0.7 < \text{PMV} < +0.7$. The percentage of the dissatisfied persons was expanded, so as, to comply with the studies developed afterwards those of [21], which brought about new arguments of the PMV restricted values for thermal comfort, its new version going from -0.2 to +0.7.

The acceptance of a thermal environment of the A category being a PPD < 6; the B category being a PPD < 10; and for C category being a PPD < 15.

6. DISCUSSION

6.1. Statistical description of the variables in this study

Based on the indications of the Concluding Results and Arguments, Statistics Description of the Variables in this study outlined and shown in the following Table 3.

Table 3: Descriptive Statistic of the Study Variables, Source: Field survey

Variables	N	Mean	Statistical Descriptions				Standard Deviation
			Intermediate	Minimum	Maximum	Variance	
M	72	132.70	131.00	105.00	162.22	202.98	14.25
Lcl	72	0.99	0.98	0.74	1.26	0.01	0.12
Tar	72	23.66	22.94	13.10	37.20	30.87	5.56
Trm	72	25.76	24.82	14.18	40.36	37.84	6.15
RHA	72	56.37	57.42	22.08	87.83	235.71	15.35
Sar	72	0.76	0.65	0.28	2.25	0.14	0.38
PMV	72	1.29	1.12	-0.42	3.00	0.84	0.92
PPD	72	44.47	32.84	5.59	99.98	1090.46	33.02
Sens.	72	1.26	1.38	-1.43	3.00	1.20	1.09
Pref.	72	0.77	0.59	-0.75	2.80	0.86	0.93

Recommend the use of the PMV index as indicates the [19], when six parameters coincides with the following intervals:

M = 46 to 232 W/m² (0.8 to 4.0 met);

|c| = 0 to 0.31 m²°C/W (0 to 2 clo);

Tar = 10 °C to 30 °C;

Trm = 10 °C to 40 °C;

Sar = 0 to 1 m/s;

Pa = 0 to 2700 Pa

It is noticed that the Tar, Trm, Sar and RHA are beyond the utmost limits determined by the [19], requiring new studies with focus on the thermal stress in industrial environments.

7.2. Analysis of environmental variables normality

In the statistical analysis of regression was required to verify whether each variable approximates or not to the normal curve of distribution. To check whether the environmental variables are within the standardized ones, it was utilized the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test that is 90% of reliance level.

Table 4: Normality testing of variables, Source: Field survey

Variables	d(max)	> or <	d(critical)	Normality Test
				KolmogorovSmirnov (K-S)
M	0.066	<	0.160	Non-rejected data of hypothetical abnormality
lcl	0.119	<	0.160	
Tar	0.109	<	0.160	"
Trm	0.080	<	0.160	"
RHA	0.062	<	0.160	"
Sar	0.145	<	0.160	"
Sens	0.056	<	0.160	"
Pref	0.111	<	0.160	"
PMV	0.099	<	0.160	"
PPD	0.152	<	0.160	"

The result derived from the test shows that the listed, measured, collected or calculated variables, such as M, |c|, Tar, Trm, RHA, Sar, Sens, Pref, PMV and PPD where the maximum residual in relation to the normal distribution. If the maximum c| is smaller than the critical c|, thus evidencing that the hypothetical normality of the collected data may come to not rejected.

For the significant level of 90% out of the 72 measurements, the value of the critical |c| is equal to 0.160. The table 4 shows that the studied variables indicate a normal distribution of the data with a reliance level of 90% in conformity with the test of Kolmogorov and Smirnov (K-S), thus, these variables considered to have been distributed within normality.

7.3. Model predicting the thermal sensations (sens pred) through multiple regression

This refers to the statistical studies of the sensations reported by the employees regarding to the six variables M, |c|, Tar, Trm, RHA and Sar.

The coefficients of the regression equation were determined and calculated onto a specific software in conformity with the statistical studies their corresponding results shown in the Table 5.

When p-value < 0.05 the estimated coefficients are significant in the found equation. The predicted sensations calculated in conformity, through the regression Equation 3. The predicted sensation is the one derived from the regression analysis between the sensation dependent on the variable reported by the employees and, those independent ones considered to influence variables.

Table 5: Summary of regression for varying sensations (Sens), Source: Field survey

N=72	Beta	Beta Error	regression for dependent variabl		t(65)	p-value
			R ² = 0.86	p<0.000		
			B	B Error		
Intercepted			-2.83144	1.023556	-2.76628	0.007374
M	0.279867	0.057106	0.02149	0.004385	4.90082	0.000007
Lcl	-0.131701	0.064785	-1.21642	0.598370	-2.03289	0.046152
Tar	0.245288	0.173738	0.04830	0.034208	1.41183	0.162770
Trm	0.403419	0.168586	0.07174	0.029981	2.39295	0.019612
RHA	-0.094396	0.067157	-0.00673	0.004785	-1.40561	0.164602
Var	-0.76985	0.068979	-0.22381	0.200540	-1.11606	0.268506

The resulted math equation points to the sensations that the employees might having as a consequence of the changes in their bodies thermal heating and, of the environmental physical conditions, as well as of their clothes thermal insulation and, the metabolic rates required by their activities.

$$\text{Sens Pred} = 0.02.M - 1.22. |c| + 0.05.Tar + 0.07.Trm - 0.01.RHA - 0.22.Sar - 2.83 \quad (3)$$

Comparing the results derived from equation 3 for the predicted sensations with the actual sensations in 20% of the measurements, the employees reported to feel more heat than what indicated in the predicted sensations. Those results might be the consequences of the employees' non-adaptation to higher temperatures.

From the model encountered out of the use of the multiple linear regression, 86% of the sensations variances thereof are explained by the model, whereas, the use of the PMV Model only 81% are explained by the model. The improvement of the adjustment through the linear model showed the determinant coefficient of R² = 0.86.

7.4. The descriptive statistical variables of the study

With the data of the results and discussions, reached the results of the descriptive statistics of the variables of the study as shown in the Table 6.

Table 6: Descriptive statistics of variables of the study, Source: Field survey

Variables	N	Average	Median	Minimum	Maximum	Variance	Standard deviation
M	72	132.70	131.00	105.00	162.22	202.98	14.25
lcl	72	0.99	0.98	0.74	1.26	0.01	0.12
Tar	72	23.66	22.94	13.10	37.20	30.87	5.56
Trm	72	25.76	24.82	14.18	40.36	37.84	6.15
RHA	72	56.37	57.42	22.08	87.83	235.71	15.35
Sar	72	0.76	0.65	0.28	2.25	0.14	0.38
PMV	72	1.29	1.12	-0.42	3.00	0.84	0.92
PPD	72	44.47	32.84	5.59	99.98	109.46	33.02
Sens.	72	1.26	1.38	-1.43	3.00	1.20	1.09
Pref.	72	0.77	0.59	-0.75	2.80	0.86	0.93

Recommend the utilization of the PMV index, according to [19], when six parameters found in the following intervals:

$$M = 46 \text{ to } 232 \text{ W/m}^2 \text{ (0.8 to 4.0 met);}$$

Icl = 0 to 0.31 m²°C/W (0 to 2 clo);

Tar = 10 °C to 30 °C;

Trm = 10 °C to 40 °C;

Sar = 0 to 1 m/s;

Pa = 0 to 2700 Pa

Observe that Tar, Trm, Sar and RHA exceed the upper limits stipulated by the [19] that can suggest new studies aiming thermal stress in industrial environment. The majority of concentration is within 0.0 to 2.0 that can consider as normal, although the peak between 2.5 to 3.0 requires some attention.

8. CONCLUSION

Based on the analysis of the thermal environment by means of the collected reported physical conditions, as well as by the estimated indexes, the subjective collected parameters, the surveyed sectors unities were out of the regulated range of thermal comfort standards, mainly in relation to the temperature. The research ratifies the validity of ISO 7730 (2005) in this field study and, the collected data being liable to be compared with similar researches into other steel making plants.

9. REFERENCES

- [1] Kerlinger, F.N. (1979) Methodology of research in social sciences. Sao Paulo: Pedagogy & University.
- [2] Miguel, P. A. C., et al. (2010) Methodology of research in Production Engineering and Operation Management. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [3] Queiroz, M. I. de P. (1992) The researcher, the problem of research, choice of the techniques: some reflections. In: Lang, A.B.S.G., org. Reflection on sociological research. Sao Paulo, Center of Rural and Urban Studies. p. 13-29. (Collection of Texts; 2nd serial, 3).
- [4] _____. (1996) Ergonomics of the thermal environments - Instruments for measuring physical quantities, ISO 7726. Geneva.
- [5] Brasil. (1988) Brazilian Constitution. Summary. Retrieved in: <http://www.stf.gov.br/> Access in: Aug. 21, 2006.
- [6] Grott, J. M. (2008) Work environment: prevention – the safeguard of the worker. Curitiba: Juruá.
- [7] Rocha, J. C. S. (1997) Environmental right and environment of the work: loss, juridical prevention and protection. 3rd ed. Sao Paulo: LTC.
- [8] Rufino, R. C. P. (2006) Moral harassment in the enterprise environment. 2nd ed. S Paulo: LTC.
- [9] Iida, I. (2005) Ergonomics: design and production. 2th ed. Sao Paulo: Edgard Blücher.
- [10] Santos, J. E. G., Santos Filho, A. G. and Bormio, M. F. (2005) Thermal Comfort: evaluation in agricultural tractors without cabins. In: Production Engineering Symposium (SIMPEP), 11, Annals... Bauru (SP).
- [11] Al-Homoud, M. S., Abdou, A. A. and Budaiwi, I. M. (2009) Assessment of monitored energy use and thermal comfort conditions in mosques in hot-humid climates. Energy and Buildings, Amsterdam, v. 41, n. 6, p. 607-614.
- [12] Xavier, A. A. P. (1999) Conditions of thermal comfort for high school students in the Florianopolis region. 198 p. Master's Dissertation – Department of Civil Construction, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [13] Leite, E. S. C. M. (2002) Thermal Stress by heat – comparative study of methods and norms of quantification. 123 f. Master's Dissertation. Graduate Program of Department of Civil Engineering Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [14] Lamberts, R. and Xavier, A. A. P. (2011) Thermal comfort and thermal stress. Laboratory of Energy Efficiency in buildings. Florianopolis.
- [15] Nogueira, M. C. J. A., Durante, L. C. and Nogueira, J. S. (2005) Thermal comfort in the public school in Cuiaba, MT: case study. Electronic Magazine of the Master's in Environmental Education, v. 14, p. 3749, Jan./Jun.
- [16] Peeters, L., Dear, R., Hensen, J. and D'Haeseleer, W. (2009) Thermal comfort in residential buildings: Comfort values, and scales for building energy simulation. Applied Energy, v. 86, n. 5, May, p. 772-780.
- [17] ISO (1984) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO 7730. Geneva.

- [18] _____. (1994) Moderate thermal environments - Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO 7730. Geneva.
- [19] _____. (2005) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort, ISO 7730. Geneva.
- [20] Gouvea, T. C. (2004) Evaluation of thermal comfort: experience in the clothing industry. 164 p. Master's Dissertation – Department of Civil Construction, Unicamp, Campinas.
- [21] Fanger, P. O. (1970) Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill Book Company.
- [22] Ruas, A. C. (2001) Evaluation of thermal comfort: contribution to the practical application of the International Norms. 79 p. Master's Dissertation. Graduate Faculty of the Civil Engineering of the State University of Campinas, Campinas
- [23] Frota, A. B. and Schiffer, S. R. (1999) Handbook of the thermal comfort: architecture, urbanism. 3rd ed. Sao Paulo: Studio Nobel.
- [24] Gallois, N. S. P. (2002) Analysis of the stress conditions and thermal comfort under low temperatures in the frigorific industries of Santa Catarina. 125 p. Master's Dissertation – Department of Production Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [25] Grandjean, E. and Kroemer, K. H. E. (2005) Ergonomics Handbook: adapting the work to the man. 327 p. 5th ed. Porto Alegre: Bookman.
- [26] _____. (2007) Ergonomics of the thermal environment - Determination of thermal isolation of the clothing, ISO 9920. Geneva.
- [27] Werkema, M. C. C. and Aguiar, S. (1996) Regression analysis: how to understand the relationship between the variables and the process. 1st ed. Belo Horizonte: Christiano Ottoni Foundation, School of Engineering of the UFMG.
- [28] Triola, M. F. (2008) Introduction to statistics. 10th ed. Rio de Janeiro: LTC.
- [29] _____. (2004) Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate, ISO 8996. Geneva.
- [30] De Dear, R. J. and Auliciems, A. (1985) Validation of the Predicted Mean Vote model of thermal comfort in six Australian field studies. In: ASHRAE Transactions, v.91 (2B).
- [31] Innova Air Instruments. (2002) Thermal comfort. Retrieved in: < [http:// www.sribd.com/doc/12891912/ Thermal-comfort](http://www.sribd.com/doc/12891912/Thermal-comfort)>. Access in May 20, 2010

Contenido “Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional”

Contenido “Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional”	198
Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia. Primeros resultados	199
Aplicación de técnicas de optimización a la industria petrolera del Golfo San Jorge: Primera Aproximación	209
Algoritmos, industria 4.0 y los recursos humanos, un análisis interdisciplinar.....	218
Modelo de Gestión del Conocimiento Caso de aplicación en una IES.....	227
Grado de inserción de la calidad en las industrias del partido de Avellaneda	236
Industria 4.0 y su aplicación a escala regional.....	244
Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos.	244
Caracterización de la gestión de las empresas y de los recursos humanos en las PyMEs de Río Gallegos.....	255
Análisis de Modelos Organizacionales para la Educación Superior en Modalidad Virtual	266
El estudio de la brecha entre la formación de la ingeniería de la FRD y la empleabilidad	276
El proceso de difusión del uso de herramientas analíticas en Empresas de Base Tecnológica en Argentina.....	287
Estudio descriptivo inicial.	287

Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia. Primeros resultados

Noya, Graciela; Dimópulos, Liliana; García, Sara; Carbia, María Esther

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
Ciudad Universitaria Km 4, 9005 Comodoro Rivadavia, Chubut.
gnoya@unpata.edu.ar*

RESUMEN.

Comodoro Rivadavia es una ciudad enclavada en la Cuenca del Golfo San Jorge, donde el sector del petróleo juega un rol fundamental en la economía regional. La industria hidrocarburífera de la Cuenca comprende las etapas del "Upstream" y "Midstream" y está constituida por pocas operadoras extractoras y un conjunto de empresas de servicios, en su mayoría Pymes ubicadas cerca de la zona de producción y altamente dependientes de las empresas petroleras.

Por dicha razón, resulta de interés caracterizar a las Pymes que prestan servicios a la industria hidrocarburífera, 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, generando información útil para mejorar su competitividad. Esto se encaró a través del desarrollo del Proyecto de Investigación: "CARACTERIZACIÓN DE PYMES DE SERVICIOS PETROLEROS EN COMODORO RIVADAVIA".

Como herramienta para el diagnóstico, se empleó el Mapa de Competitividad desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo, adaptado por Saavedra [1], el cual ha sido usado a nivel mundial, como método de diagnóstico empresarial. Se adaptó para el caso en estudio, quedando el cuestionario conformado por 68 preguntas, de las cuales 15 constituyen información básica y las restantes se distribuyen entre los 8 factores ya definidos (9 de planeación estratégica, 15 de producción y operaciones, 1 de aseguramiento de la calidad con 7 ítems, 4 de comercialización, 3 de contabilidad y finanzas, 11 de recursos humanos, 2 de gestión ambiental y 8 de sistemas de información).

Se muestran los primeros resultados obtenidos en el trabajo de campo que está aún en ejecución.

Palabras Claves: Servicios petroleros, Pymes, Competitividad

ABSTRACT

Comodoro Rivadavia is a city located in the San Jorge Gulf Basin, where the oil sector plays a fundamental role in the regional economy. The hydrocarbon industry of the Basin includes the stages of the "Upstream" and "Midstream" and is made up of few extractors and a set of service companies, mostly SMEs located near the production area and highly dependent on oil companies. For this reason, it is interesting to characterize SME's that provide services to the hydrocarbon industry, grouping them into sub-sectors according to the service they provide, studying internal factors that influence the competitiveness of companies (innovation, management, etc.) and quantifying them through indexes, generating useful information to improve their competitiveness. This was addressed through the development of the Research Project: "CHARACTERIZATION OF SME's PETROLEUM SERVICES IN COMODORO RIVADAVIA".

As a tool for diagnosis, the Competitiveness Map developed by the Inter-American Development Bank was used, adapted by Saavedra [1], which has been used worldwide as a business diagnostic method. It was adapted for the case study, leaving the questionnaire consisting of 68 questions, of which 15 are basic information and the rest are distributed among the 8 factors already defined (9 strategic planning, 15 production and operations, 1 quality assurance with 7 items, 4 of marketing, 3 of accounting and finance, 11 of human resources, 2 of environmental management and 8 of information systems).

The first results obtained in the field work that is still running are shown.

1. INTRODUCCION.

En el año 1907 se descubrió petróleo en Comodoro Rivadavia, ubicada en el Golfo San Jorge, al sur de la

Provincia de Chubut. Desde entonces, la actividad petrolera ha marcado profundamente la vida de la comunidad de la región, constituyéndose en la principal actividad productiva de la misma, pero, a su vez, condicionándola a sus propios vaivenes económicos y políticos, tanto nacionales como internacionales. Al Complejo Petróleo y Gas (Complejo PyG) se lo suele separar en tres partes: a) **Upstream** referido la búsqueda, perforaciones y extracción de hidrocarburos; b) **Midstream** que involucra el transporte de los productos tanto por ductos como por barco desde la “boca de pozo” a las plantas procesadoras o su correspondiente distribución al consumidor y c) **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].

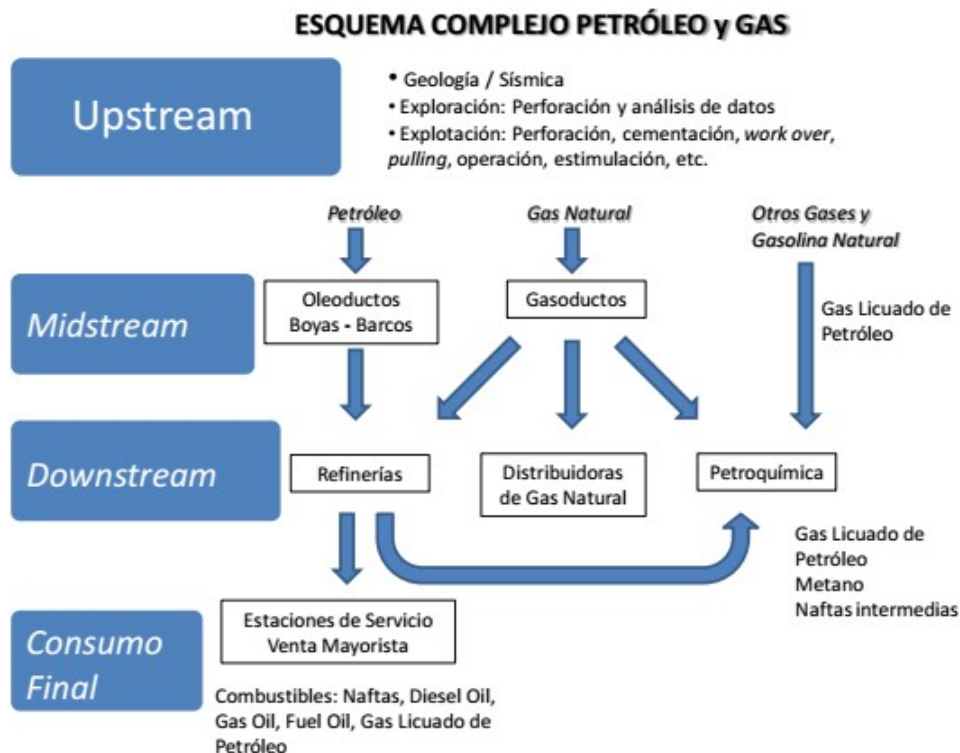


Figura 1. Esquema del Complejo de Petróleo y Gas

Este complejo PyG comprende al sector Servicios Petroleros, es decir, a las empresas que desarrollan una actividad de operación y servicios de apoyo y soporte a las Operadoras para la extracción de petróleo y gas. Del complejo mostrado en la zona se encuentra radicada fundamentalmente la etapa del “Upstream” (Exploración y Explotación), pero también la del “Midstream” (transporte del producto). Entre los actores intervinientes, existe un núcleo central de pocas empresas operadoras responsables de la extracción del petróleo y un conjunto de empresas de servicios 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 el yacimiento como con la operación y mantenimiento de las instalaciones de superficie.

Una característica del sector es la deslocalización de procesos completos de la etapa productiva en diversas empresas prestadoras de servicios; esto es particularmente importante para los trabajos de perforación y puesta en producción de nuevos pozos (Upstream). Operaciones complejas como perforación, cementación, construcción de las instalaciones de superficie, terminación, *workover* (intervención de pozos para repararlos o aumentar su producción), *pulling* (operaciones en el fondo del pozo) y mantenimiento son realizadas casi exclusivamente por empresas prestadoras de servicios con equipamientos específico propio.

De tal forma, pueden identificar distintos anillos de actores dentro del Complejo PyG. Por un lado, un núcleo central de empresas petroleras que son operadoras de yacimientos tales como, Pan American Energy, YPF, Tecpetrol, CAPSA; por otro lado, acompañando al núcleo de operadoras, se encuentran los proveedores principales de las mismas: empresas de servicios petroleros que constituyen el primer anillo de la trama, siendo generalmente multinacionales que

desplazan su actividad junto a las operadoras. También existen proveedores menores, cuya característica es que no tienen capacidad de desplazar fácilmente su localización; son empresas surgidas para proveer de necesidades específicas al núcleo y al primer anillo de la trama. La Figura 2 diagrama la situación, que, si bien fue realizada para la Provincia del Neuquén, es común al resto de las provincias petroleras incluida Chubut [3].

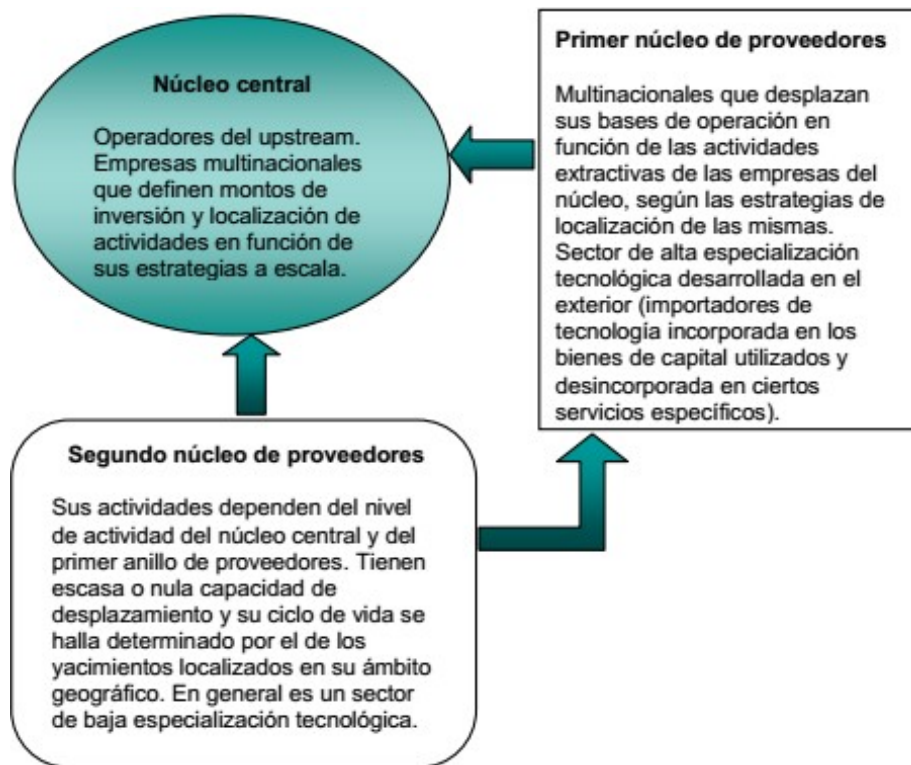


Figura 2. Representación de la trama hidrocarburífera

Por lo dicho, estas empresas de servicios se pueden agrupar 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. Este segundo anillo está conformado mayoritariamente por PyMEs nacionales ubicadas en cercanías de las zonas de producción, que 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 coyunturales como el bajo precio del crudo, repercutiendo dicha problemática fuertemente en el empleo local; son destinatarias de programas especiales por parte de algunas operadoras.

A su vez, la presencia y continuidad de las Pymes prestadoras de servicios petroleros es de fundamental importancia para la vida económica de las localidades en que se asientan y su entorno, por lo que resulta de interés profundizar su estudio. Por ello, se estimó 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, lo que se encaró a través del Proyecto de investigación "Caracterización de Pymes de Servicios Petroleros en Comodoro Rivadavia", en el que se basa esta presentación.

El objetivo de este artículo es mostrar la herramienta empleada para la recolección de datos primarios en las empresas y los resultados que se obtienen a partir del procesamiento de los mismos.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Uno de los objetivos del proyecto de investigación que origina esta presentación es determinar cuáles son los factores internos que inciden en la competitividad de las Pymes de servicios petroleros con la finalidad de contar con un diagnóstico integral acerca de su situación actual. El crecimiento económico (local, regional, nacional), requiere de empresas competitivas y para alcanzar ventajas competitivas, las empresas deben contar con un manejo eficiente en sus diversas áreas.

Se evaluaron posibles instrumentos de medición a partir de diversas fuentes documentales y de elaboración propia, buscando facilitar la recopilación de información así como bases comparativas con otros estudios.

De esta manera, se decidió adoptar como factores internos: planeación estratégica, producción y operaciones, comercialización, aseguramiento de la calidad, contabilidad y finanzas, recursos humanos, sistemas de información y gestión ambiental.

Las mencionadas variables son las consideradas en el mapa de competitividad del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y pueden describirse de la siguiente forma [4]:

- 1. Planeación estratégica:** es un modelo que determina un curso de acción estableciendo objetivos, políticas y metas que habrán de orientarla en un largo período de tiempo y la asignación de los recursos necesarios para su realización. Asimismo, debe ser flexible y facilitar el proceso de retroalimentación.
- 2. Producción y operaciones:** es un proceso donde mediante la utilización de determinados recursos materiales y humanos y aplicando una cierta tecnología se obtienen bienes y servicios. Cuando los bienes se materializan en forma tangible, se denomina producción industrial y si el resultado es una prestación o información, es la producción de un servicio.
- 3. Aseguramiento de la calidad:** una mejora de la calidad implica una reducción de costos y una mejora de la productividad permite a la empresa una mayor cuota de mercado. Implementar programas de calidad en la empresa significa mantener una mejora continua y la certificación mejora la confianza del cliente.
- 4. Comercialización:** consiste en darle a un producto o servicio, condiciones y vías de distribución para su venta. En la Pyme esta labor es fundamental debido a que establece las relaciones comerciales con el cliente, pero en muchas ocasiones no tiene poder de negociación sobre los precios.
- 5. Contabilidad y finanzas:** esta área se encarga de proporcionar la información contable y financiera para que el directivo pueda tomar decisiones, con respecto a los resultados obtenidos por la empresa sobre la situación económica y financiera.
- 6. Recursos humanos:** el área de recursos humanos en una MIPYME es una fuente de competitividad debido al mejor clima laboral que existe por la alta flexibilidad y motivación laboral y por los canales de comunicación más fluidos.
- 7. Gestión ambiental:** los factores ambientales cubren el desempeño en la relación de los flujos de entrada (materiales, energía, agua) y de salida (emisiones, vertidos, residuos). Además incluyen el desempeño en relación con la biodiversidad y el cumplimiento legal ambiental
- 8. Sistemas de información:** la sistematización de la información proporciona al empresario valiosos datos para tomar decisiones en forma oportuna; implementar un software administrativo ayudará a dirigir y controlar la empresa y conocer las necesidades de sus clientes.

Por lo dicho, se tomó como base para el instrumento de medición (encuesta) el formulario empleado por el Mapa de competitividad del BID, instrumento que ha sido validado en diversas investigaciones para el diagnóstico de competitividad de la empresa en función de sus aspectos internos. El mismo se presenta bajo la forma de un cuestionario estructurado de 124 preguntas, con respuesta tipo escala.

Según Saavedra García [5], 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 [6] 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 [7] se emplea como instrumento de recopilación de información una adaptación del cuestionario del Mapa de Competitividad del 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.

Así pues, en este trabajo se siguió la metodología de varios de los autores consultados, cual es tomar las variables o áreas del mapa de competitividad del BID y adaptar el cuestionario a la situación de las empresas de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia. Cabe destacar que se tuvo especialmente en cuenta para esta formulación, la adaptación realizada por [1].

De esta forma, para nuestro caso de estudio el cuestionario quedó conformado por 68 preguntas, de las cuales 15 constituyen información básica y las restantes se distribuyen entre los 8 factores ya definidos (9 de planeación estratégica, 15 de producción y operaciones, 1 de aseguramiento

de la calidad con 7 ítems, 4 de comercialización, 3 de contabilidad y finanzas, 11 de recursos humanos, 2 de gestión ambiental y 8 de sistemas de información).

En el ítem de Información básica, además de los datos de contacto y localización, se consulta sobre forma jurídica de la empresa, tamaño de empresa ante la AFIP, cantidad de empleados, etc. Las demás dimensiones se responden en escala tipo Likert, según se muestra en la Tabla 1 (las opciones se acomodan al tipo de consulta realizada). En algunas dimensiones se incorporan consultas de interés específico para el estudio, como actividades de innovación y patentes, formas de acercarse a potenciales clientes, existencia de clientes mayoritarios, temáticas de capacitación del personal, formas de financiamiento, etc.

Tabla 1. Escala utilizada en la encuesta

No existe	Existe	En proceso de documentación	Documentado	Documentado y difundido	Documentado, difundido e implementado
Nunca	Casi Nunca	A veces	Normalmente	Casi Siempre	Siempre
Ninguna	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
	1	2	3	4	5

2.1. Implementación del trabajo de campo

La aplicación del cuestionario se realizó en una primera instancia como prueba, a empresa testigo para evaluar su implementación y realizar a partir de las observaciones del encuestado y encuestador las modificaciones pertinentes.

Efectuadas las correcciones, y mediante una herramienta gratuita para realizar encuestas online (Formulario de Google) se modificó la encuesta a su versión final, con el objetivo de recopilar la información necesaria para realizar el diagnóstico y evaluar la competitividad de las empresas de servicios petroleros de Comodoro Rivadavia.

Paralelamente se procedió a la verificación de las direcciones electrónicas de las empresas a encuestar. Esta situación demoró el envío de la encuesta ya que fue necesario realizar un proceso de actualización de datos que incluyó comunicación telefónica con un número importante de empresas, en un contexto complicado caracterizado por Pymes que ya no existen, fusión de empresas, cambio de firmas, de direcciones, y de teléfono, por lo que se redefinió la base de pymes de servicios petroleros de la ciudad, quedando conformada por 186 empresas objeto de estudio.

A partir de allí, se envió mail a las empresas desde una dirección de correo institucional del proyecto y un mensaje solicitando la colaboración en el marco del proyecto, mencionando los objetivos del mismo e invitando a participar ingresando al vínculo para acceder a la encuesta. En razón a la baja tasa de respuesta, a pesar de la reiteración del envío, se decidió realizar la aplicación del cuestionario a través de una entrevista personal al dueño, gerente o responsable de la empresa, con una duración aproximada de 30 minutos. El objetivo es contar con la suficiente información para caracterizar las empresas del sector de servicios petroleros.

En mayo se comenzó con las visitas a los domicilios de las empresas. Se estima que será un proceso muy lento de recopilación de información.

2.2. Procesamiento de la información

Se dejó ya establecido que se partió del Mapa de competitividad del BID, el cual considera -a los efectos de estimar la competitividad de la empresa- distinta ponderación de cada una de las dimensiones según el sector en que se desempeña la empresa, tal como se muestra en la Tabla 2 [8].

Tabla 2. Ponderación de las dimensiones o Áreas según sector económico de la empresa

ÁREA O DIMENSIÓN ESTRATÉGICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	SERVICIOS
PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	15%	14%	15%
PRODUCCIÓN Y OPERACIONES	16%	15%	10%
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	10%	11%	10%
COMERCIALIZACIÓN	20%	21%	16%
CONTABILIDAD Y FINANZAS	10%	10%	10%
RECURSOS HUMANOS	12%	13%	17%
GESTIÓN AMBIENTAL	7%	7%	7%
SISTEMAS DE INFORMACIÓN	10%	9%	15%

A partir entonces del valor alcanzado por cada dimensión o área (medido entre 0 y 100) y su

correspondiente ponderación, se determina el nivel de competitividad de la empresa; la clasificación de los niveles de competitividad empresariales se muestra en la Tabla 3 (según BID y [9]).

Tabla 3. Niveles de competitividad

Nivel de Competitividad	Rango de clasificación
Muy alta	81-100 %
Alta	61-80 %
Media	41-60 %
Baja	21-40 %
Muy baja	0-20 %

A medida que se obtienen las encuestas, se cargan las respuestas en una planilla Excel programada a efectos de calcular los valores de las subáreas y áreas correspondientes a la empresa y luego la competitividad de la misma.

3. RESULTADOS DE UN CASO.

Se presentan los resultados correspondientes al procesamiento de un caso testigo. En la Tabla 4 se muestran, a partir de los registros suministrados por la empresa, valores obtenidos para las 8 dimensiones o áreas con sus correspondientes subáreas.

Tabla 4. Mapa de Competitividad por Área

DIMENSIONES	EVALUACIÓN
1. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO	
A. Proceso de Planeación Estratégica	68%
B. Implementación de la Estrategia	60%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	63%
2. PRODUCCIÓN Y OPERACIONES	
A. Aprovisionamiento	58%
B. Manejo de inventarios	35%
C. Ubicación e infraestructura	76%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	57%
3. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
A. Aspectos Generales de la Calidad	100%
B. Sistemas de Calidad	100%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	100%
4. COMERCIALIZACIÓN	
A. Mercado Nacional: Mercado y Ventas	63%
B. Mercado Nacional: Servicios	35%
C. Mercado Nacional: Distribución	76%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	60%
5. CONTABILIDAD Y FINANZAS	
A. Monitoreo de costos y contabilidad	98%
B. Administración financiera	96%
C. Normas legales y tributarias	76%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	92%
6. RECURSOS HUMANOS	
A. Aspectos generales	100%
B. Capacitación y promoción del personal	63%
C. Cultura organizacional	68%
D. Salud y seguridad industrial	100%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	79%
7. GESTIÓN AMBIENTAL	
A. Política ambiental de la empresa	84%
B. Estrategia para proteger el medio ambiente	100%

C. Concientización y capacitación del personal en temas ambientales	80%
D. Administración del desperdicio	90%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	90%
8. SISTEMAS DE INFORMACIÓN	
A. Planeación del sistema	80%
B. Entradas	86%
C. Procesos	88%
D. Salidas	72%
EVALUACIÓN DEL ÁREA	81%
NIVEL DE COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA	77%

El nivel de competitividad de la empresa es alta (77%), según la clasificación de la Tabla 3. Por otra parte, la información sobre el desempeño de cada una de las dimensiones puede visualizarse muy rápidamente con un gráfico radar como el de la Figura 3.

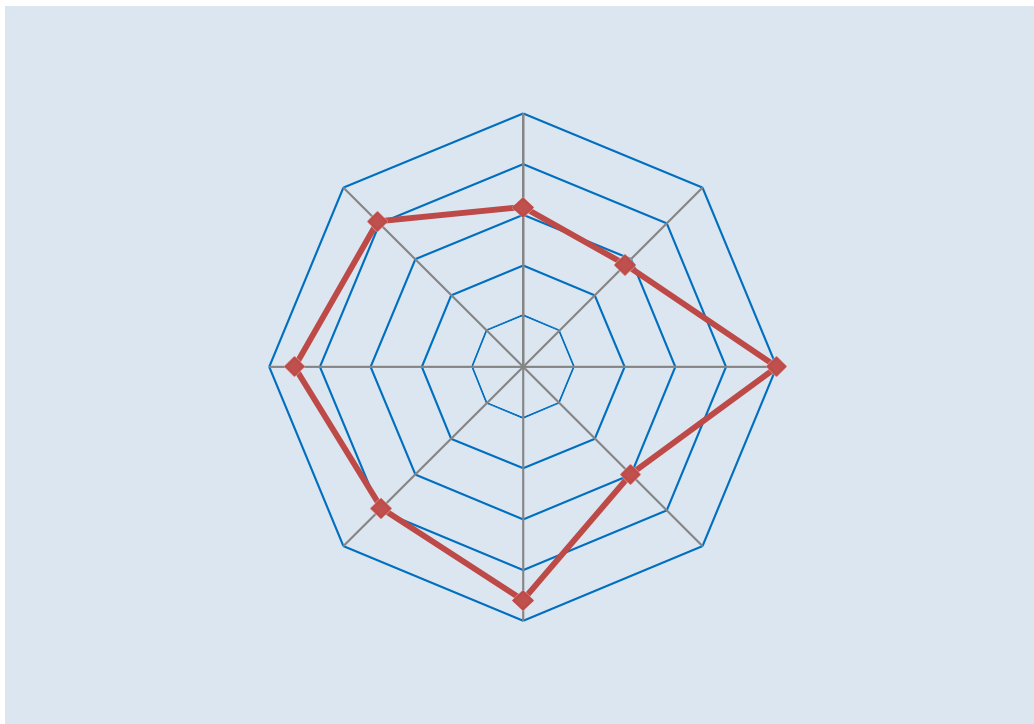


Figura 3. Evaluación por dimensiones

Tanto de la Tabla 4 como de la Figura 3 se observa que las dimensiones con menor desempeño son las de Producción y Operaciones (57%), Comercialización (60%) y Planeamiento Estratégico (63%), mientras que las que tienen mayor desempeño son Aseguramiento de la Calidad (100%), Contabilidad y Finanzas (92%) y Gestión Ambiental (90%).

A través de las preguntas específicas que se introdujeron en el cuestionario, puede verse la visión u opinión del empresario en diversas cuestiones, tales como la incidencia de distintos factores en el impedimento del logro de objetivos (Figura 4) o en el obstáculo a las actividades de innovación (Figura 5). También se ve en la Figura 6 cuáles son las fuentes de financiamiento más frecuentes (Contabilidad y Finanzas) así como las causas de la falta de presencia en la web en Sistemas de Información (Figura 7).

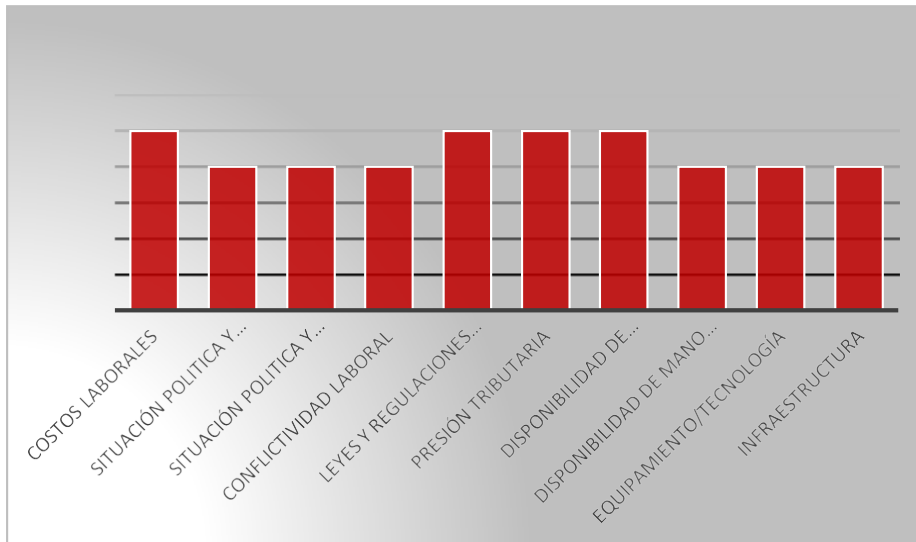


Figura 4. Factores que dificultan logro de objetivos (Planeamiento Estratégico)

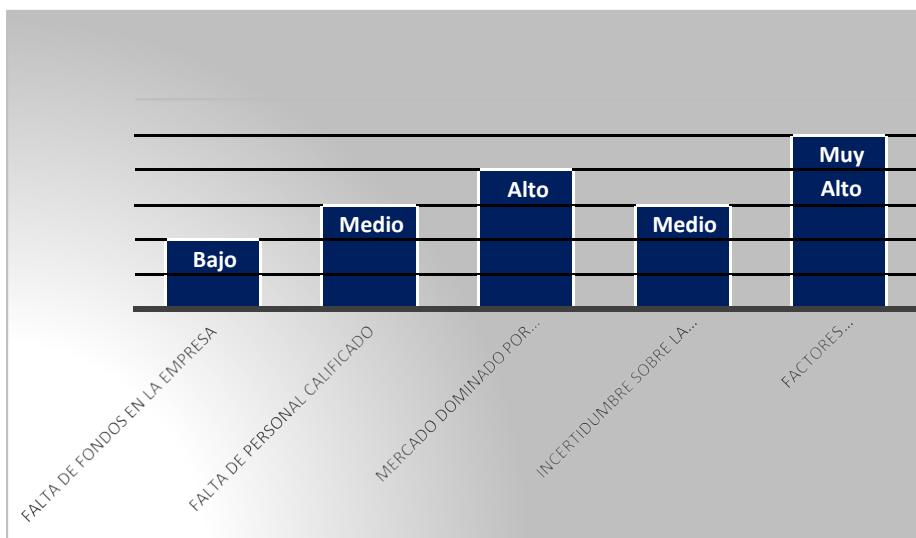


Figura 5. Factores que obstaculizan actividades de innovación (Producción y Operaciones)

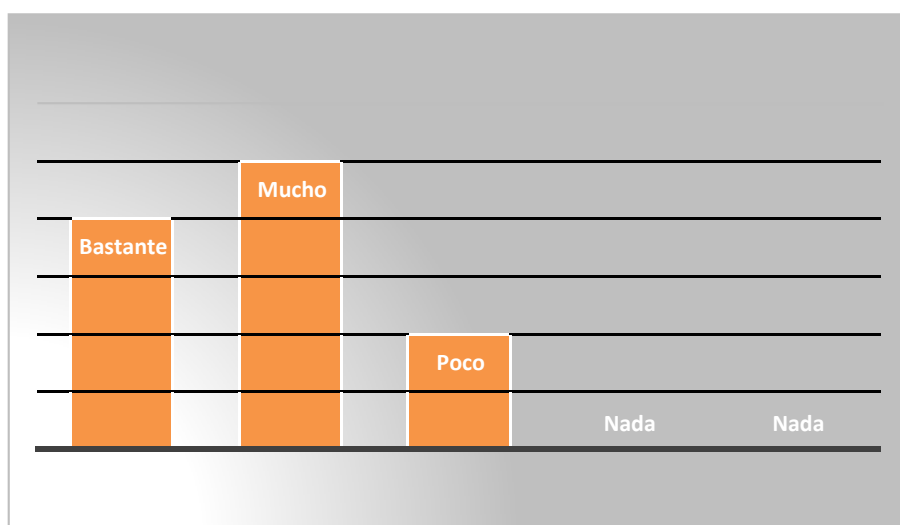
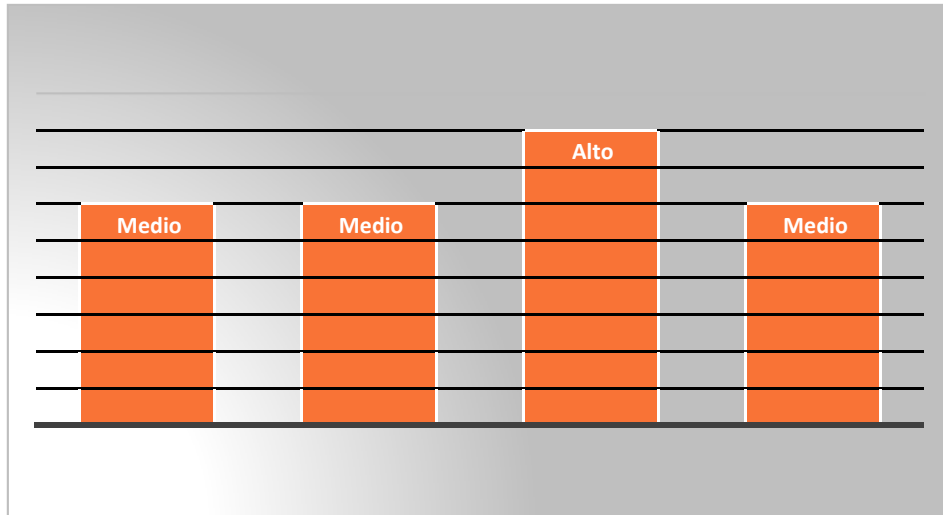


Figura 6. Fuentes de financiación más frecuentes (Contabilidad y Finanzas)

Figura 7. Incidencia de Factores en la falta de presencia en la Web



4. CONCLUSIONES

Los resultados mostrados, arrojados por el procesamiento de los datos suministrados por una empresa, permiten vislumbrar las conclusiones genéricas que se obtendrán con el procesamiento global, que aún no puede completarse por el trabajo de campo en ejecución.

Por lo dicho, podrá determinarse el nivel de competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas que prestan servicios petroleros en Comodoro Rivadavia según la clasificación de la tabla 3.

Además, y dado que los servicios petroleros son muy diversos, se planteó en [10] que este estudio emplea la siguiente clasificación en subsectores: 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 (incluye transporte, parquización y jardinería, catering, etc), siendo los subsectores 3 y 7 los que cuentan con mayor cantidad de empresas. De esta forma, podrán hacerse estimaciones del desempeño competitivo de las empresas también en referencia a cada subsector y permitir plantear estrategias de mejora afines a cada uno de ellos específicamente.

Por supuesto, se establecerá el nivel de competitividad para cada una de las dimensiones estratégicas contempladas en el Mapa de Competitividad y podrán extraerse a partir de allí conclusiones de fortalezas y debilidades.

Se considera importante recalcar que los resultados obtenidos se darán como devolución a cada una de las empresas que respondieron la encuesta, indicándoles los valores promedio alcanzados por el conjunto de empresas y por el subsector al que pertenece así como el propio de la empresa, como una forma de contribuir a que el empresario visualice su propia realidad de forma sistematizada así como la de su entorno y competencia.

5. REFERENCIAS.

- [1] Saavedra, María Luisa (Coordinadora). (2014). "Hacia la determinación de la Competitividad de la PYME Latinoamericana". Publicaciones Empresariales, Publishing, UNAM-FCA. 500 pp. México
- [2] Mansilla, Diego. (2013). "Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial: Complejo productivo Petróleo y Gas". Publicación Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva". Argentina
- [3] Dirección Provincial de Estadística y Censos de Neuquén. (2012). "Complejo Hidrocarburífero Parte I: Petróleo". Informe sectorial. Neuquén. Argentina
- [4] Martínez, J., Álvarez, C. (2006). "Mapa de Competitividad para el diagnóstico de PYMES". En las memorias XI Foro de Investigación. Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. México, D.F
- [5] 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
- [6] 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
- [7] Vera-Colina, Mary A.; Melgarejo-Molina, Zuray A.; Mora Riapira, Edwin Hernando. (2013). "Competitividad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas del Sector Comercio – Bogotá. Análisis de percepciones". XXX Conferencia Interamericana de Contabilidad, Uruguay.

- [8] Mora Riapira, Edwin Hernando. (2013). “Nivel de competitividad de las Mipymes de Bogotá. Análisis de dimensiones estratégicas”, Tesis de Magister en Administración, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas. Bogotá. Colombia
- [9] Saavedra García, María Luisa; Milla Toro, Sindy Orieta.; Tapia Sánchez, Blanca (2013). “Determinación de la competitividad de la PYME en el nivel micro: el caso del Distrito Federal, México”. Revista FIR, FAEDPYME International Review. Vol .2, N° 4, julio- diciembre 2013, pp 35-52
- [10] Dimópulos, Liliana; García, Sara; Golovko, Mikela; Lladser, Lucía; Noya, Graciela (2019). “Propuesta para el diagnóstico de Pymes de servicios petroleros en Comodoro Rivadavia”. Memorias del XI Congreso Argentino de Ingeniería Industrial –COINI 2018 UM/compilado por León Horowicz, Miguel Ángel Risetto, Jorge Eduardo Abet [et al], 1a.ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires; edUTecNe, 2019. Libro digital.

Aplicación de técnicas de optimización a la industria petrolera del Golfo San Jorge: Primera Aproximación

Garriga, Marisa*; Noya, Graciela; Dimópulos, Liliana; García, Sara; Moreyra, Rodrigo

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
Ruta Provincial Nro. 1 - Km 4, 9005 Comodoro Rivadavia, Chubut. marisagarriga@hotmail.com

RESUMEN

Con el aumento de la demanda de petróleo y el agotamiento de las reservas "fáciles" en el mundo, la búsqueda se dirige a áreas más difíciles: horizonte más profundo, crudo de baja calidad, campos de petróleo envejecidos, recuperación mejorada (Enhanced Oil Recovery, EOR), etc. Esto provoca la necesidad de una mejora continua de la tecnología y las operaciones para mantener la producción de petróleo en yacimientos maduros. La Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) es la mayor productora de petróleo en el país, pero luego de más de cien años de explotación, sus campos petroleros se encuentran en un avanzado estado de madurez. La Cuenca, a pesar de su antigüedad, cuenta con más del 70% de las Reservas convencionales probadas del país y el 47 % de la producción nacional, constituyendo el epicentro de la actividad económica de la zona, llevando adelante las actividades de exploración y producción (E&P). Esta situación pone de manifiesto la necesidad de utilizar juiciosamente los recursos y optimizar estrategias, costos y capital, y mejorar el desempeño empresarial en todas las esferas del negocio de la industria del petróleo. Resulta entonces de interés estudiar qué técnicas matemáticas de optimización podrían ser de aplicación en problemas comunes de la industria petrolera en la región, para mejorar su rendimiento económico y/o productividad operativa, ya que se han encontrado en bibliografía aplicaciones al sector de diversas técnicas cuantitativas y cualitativas para optimizar, tales como programación lineal, teoría de colas, análisis de camino crítico, análisis económico, benchmark de mejores prácticas, etc. Dado que no se han encontrado publicaciones que analicen o apliquen técnicas de optimización matemática a la CGSJ, este trabajo pretende realizar una primera exploración para detectar situaciones específicas en las cuales resulte de utilidad realizar un análisis bajo la óptica de optimización.

Palabras claves: Optimización, actividades E&P, cuenca Golfo San Jorge

ABSTRACT

With the increase in demand for oil and the depletion of "easy" reserves in the world, the search is aimed at more difficult areas: deeper horizon, low quality oil, aged oil fields, improved recovery (Enhanced Oil Recovery, EOR), etc. This causes the need for continuous improvement of technology and operations to maintain oil production in mature fields. The Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) is the largest oil producer in the country, but after more than a hundred years of exploitation, its oil fields are in an advanced state of maturity. The Basin, despite its age, has more than 70% of the country's proven Reserves and 47% of the national production, constituting the epicenter of the economic activity of the area. This situation highlights the need to judiciously use resources and optimization strategies, costs and capital, and improve business performance in all areas of the oil industry business. It is then of interest to study what mathematical optimization techniques could be applied in common problems of the oil industry in the region, to improve its economic performance and / or operational productivity, since applications to the sector of various quantitative techniques have been found in the literature and qualitative for optimization, stories such as linear programming, queuing theory, critical path analysis, economic analysis, best practice benchmark, etc. Given that no publications have been found that analyze or apply mathematical optimization techniques to the CGSJ, this work intends to perform a first exploration to detect specific situations in any useful result performed an analysis under the optics of optimization.

1. INTRODUCCION

Indudablemente, el desarrollo está ligado al consumo energético; en particular, el crecimiento de la demanda en los países en desarrollo o no pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (entre los que se incluye China e India) ha dado lugar a un aumento constante del consumo de la mayoría de los recursos no renovables, incluidos el petróleo y el gas. La proyección de esta tendencia alcista [1] se muestra en la Figura 1.

Aunque se prevé que la participación de los combustibles líquidos -en su mayoría derivados del petróleo- se reduzca del 33% en 2012 al 30% en 2040, serán igualmente la principal fuente del consumo mundial de energía.

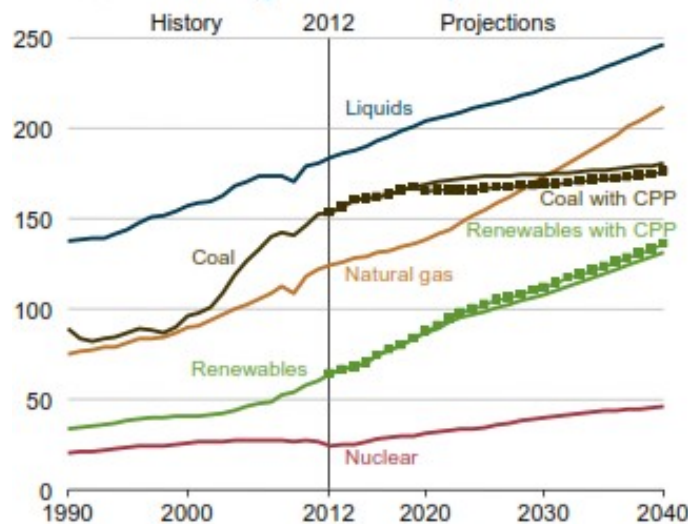


Figura 1. Consumo energético mundial total por fuente de energía, 1990-2040

Es decir, todo indica que el petróleo y el gas continuarán siendo jugadores de importantísimo rol en el plano mundial.

Para el caso en estudio, desde un análisis estructural y estratigráfico, puede decirse que la Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) se encuentra ubicada entre los Macizos Norpatagónico y del Deseado, con su eje de máxima elongación en posición Este-Oeste, coincidiendo aproximadamente con los 46° de latitud Sur. Según [2], se pueden distinguir los siguientes estilos estructurales y subdivisiones internas de la cuenca: I- Flanco Norte, II- Centro de cuenca, III- Flanco Sur, IV- Faja Plegada de San Bernardo, V- Flanco Occidental. Se dispone como una cuenca extensional de intraplaca en el ámbito de la placa Sudamericana; su ubicación y dimensiones hicieron que sea afectada durante su evolución por procesos geológicos vinculados tanto al margen activo como al pasivo del continente [3]; corresponde a una cuenca extensional con una etapa de rifting inicial (Jurásico Neocomiano) y sucesivas reactivaciones más tardías. Es en esta cuenca donde en el año 1907 se descubre petróleo en Argentina, perforándose desde entonces más de 20.000 pozos.

A pesar de los años de explotación, la CGSJ es la mayor productora de petróleo de Argentina; aporta el 47 % de la producción nacional y a datos de 2017, poseía el 75% de las Reservas probadas del país (213,8 millones de m³ de petróleo) [4]. El recurso es de vital importancia para la región, ya que históricamente se ha constituido en importantísimo ingreso al presupuesto de la Provincia de Chubut y la ciudad de Comodoro Rivadavia.

La industria petrolera reconoce en su desarrollo las fases de Upstream, Midstream, Downstream y comercialización.

En la CGSJ se llevan a cabo las fases del upstream (o aguas arriba), referido a la búsqueda, perforaciones y extracción de hidrocarburos y del midstream, que involucra el transporte de productos tanto por ductos como por barco desde la "boca de pozo" a terminales y plantas de procesamiento. Según Mansilla [5], el Complejo de Petróleo y Gas (CPG) puede esquematizarse como se muestra en la Figura 2, indicando algunas de las actividades típicas de cada una de las fases mencionadas.

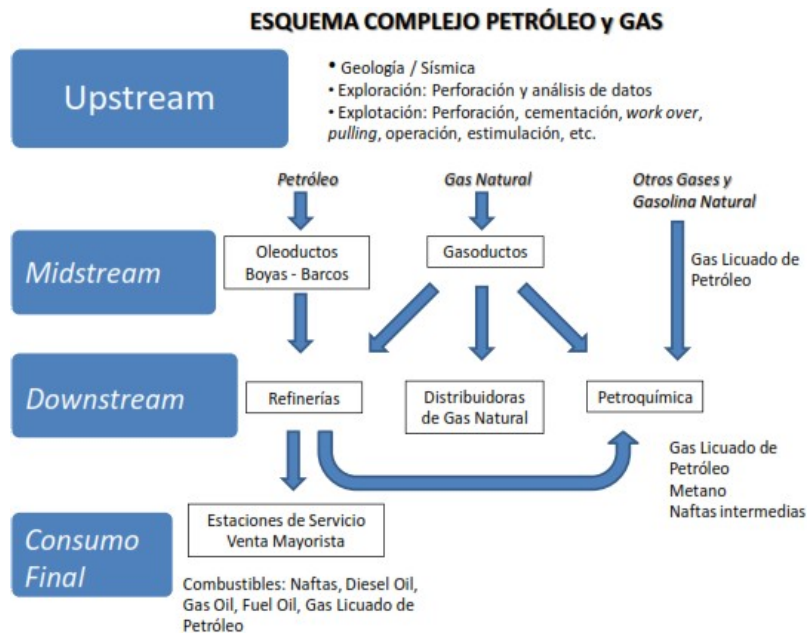


Figura 2. Esquema del Complejo de Petróleo y Gas

Como el petróleo y el gas son recursos no renovables, ambos tienen una disponibilidad limitada; esto hace que cobren aún mayor importancia las actividades de planificación en la producción y la atención a costos, inversiones, tiempos, etc. para mejorar la performance. En ese sentido, las técnicas de optimización pueden ser herramientas importantes que ayuden a los administradores del upstream y midstream a decidir de manera óptima, ya que para algunos campos de petróleo la optimización de las operaciones de producción puede ser un factor importante en el aumento de la producción y la reducción de los costos asociados.

A los efectos de lograr una aproximación al tema y realizar la caracterización del sector, se realizó una búsqueda documental exhaustiva, que permitió describir y caracterizar los problemas de optimización que se han planteado para las actividades de exploración y producción (E&P) a nivel mundial. A tal fin, se identificaron y analizaron fuentes documentales incluidos centros de información institucionales, organismos gubernamentales o bien en diversos eventos como coloquios, congresos, talleres o seminarios que abordan temas de utilidad para este estudio. Esto permitió una clasificación según el problema y la actividad. El objetivo del artículo consiste entonces en mostrar la clasificación del tipo de problemas de optimización en las actividades de exploración y producción petrolera a la que se arribó luego de la revisión bibliográfica, identificando técnicas aplicables en las distintas situaciones.

2. OPTIMIZACION EN LAS ACTIVIDADES DE E&P

Las actividades de exploración y producción (E&P) de petróleo y gas se tornan cada vez más costosas, riesgosas e intensivas en tecnología, a medida que las operaciones se complejizan y se desafían nuevas fronteras. En vista de los riesgos inherentes y la incertidumbre asociada con el negocio, donde los insumos son deterministas pero la producción es probabilística, es importante que las compañías petroleras utilicen su capital y recursos de manera apropiada. Las decisiones imprecisas o redundantes a menudo resultan en tiempos de inactividad innecesarios, tasas de producción subóptimas y mayores problemas de mantenimiento y seguridad. Estas situaciones se tornan más críticas en casos como los de la CGSJ, poniendo claramente de manifiesto la necesidad de utilizar juiciosamente los recursos y optimizar estrategias, costos y capital y mejorar el rendimiento del negocio en todos los ámbitos de la actividad de E&P. Esto requiere ideas innovadoras, cambios de mentalidad, perspectivas nuevas y enfoques de negocios [6]. En este sentido, las técnicas matemáticas de optimización constituyen una herramienta de interés para la optimización de los recursos y los costos asociados a las distintas operaciones.

Un problema típico de optimización consiste en maximizar o minimizar una o varias funciones objetivo eligiendo sistemáticamente los valores de entrada dentro de los conjuntos permitidos. Los conjuntos permitidos de variables de entrada se traducen en varias restricciones, que pueden adoptar distintas formulaciones dentro de la forma general de problemas de optimización matemática. La Figura 3 muestra el esquema de dicho problema general de optimización, con una formulación matemática genérica.



Figura 3. Esquema de un problema de optimización

En la Figura 4 se muestran variables y funciones del problema de optimización genérico dentro de la estructura específica para la industria del petróleo, según Furtado y Mello [7].

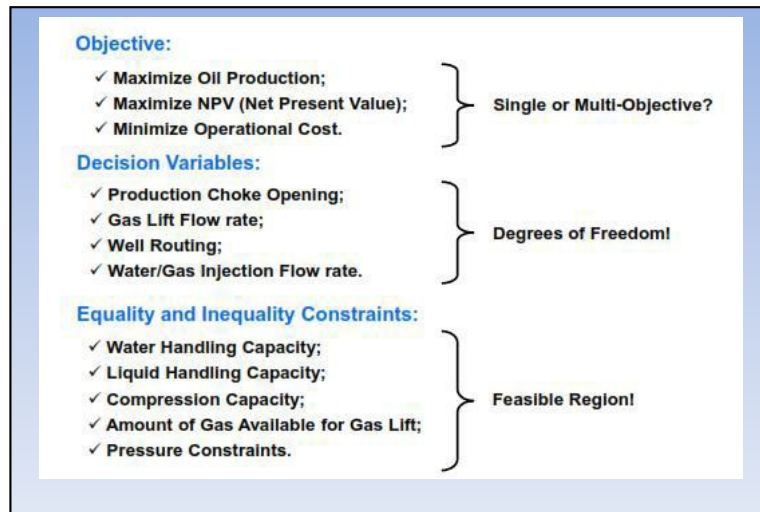


Figura 4. Estructura de optimización matemática en la industria del petróleo

Por supuesto que dependiendo de las características tanto de la función objetivo como de las restricciones impuestas (como simple ejemplo, si se trata de funciones lineales o no lineales) será la técnica de optimización a implementar para la resolución del problema.

En términos generales, la gestión de campos hidrocarburíferos implica considerar tres aspectos: personas + procesos + tecnología, los cuales permiten clasificar la optimización en la industria del upstream como: a) **Optimizar la producción** (análisis y entendimiento en el flujo de fluidos en el reservorio, flujo multifásico en tubería verticales, horizontales, accesorios y facilidades de superficie, selección de sistemas de levantamiento artificial o diseño de instalaciones para pozos surgentes y de gas, etc.) y b) **Optimizar los procesos de Trabajo/Gestión** (la optimización de procesos y Subprocesos de trabajo/gestión tienen un impacto directo en los costos de producción, y también pueden impactar a la producción).

3. RESULTADOS DE LA REVISIÓN REALIZADA

Un buen punto de partida para prestar atención a los métodos de optimización de los últimos años en los problemas de la industria del petróleo y el gas es la tesis doctoral de Wang [8]; en este trabajo se investigaron formulaciones y métodos de solución para el problema de determinar las tasas de producción óptimas, elevar las tasas de gas y conexiones de pozos para un sistema de recolección con estructuras arbóreas para maximizar los objetivos operativos diarios sujetos a múltiples restricciones de caudales y presiones. Clasifica los problemas de la industria para la aplicación de optimización en:

- Levantamiento de gas y asignación de la tasa de producción
- Optimización del diseño y operación de sistemas de producción
- Optimización de la planificación del desarrollo de yacimientos

Posteriormente, se presentó una nueva formulación para la simulación y optimización de sistemas de producción de gas y petróleo. El problema de interés corresponde al cálculo típico de la producción diaria de gas y petróleo, es decir, una planificación de un período de tiempo de un día. [9]. Por su parte, Ulstein [10] dividió las herramientas de planificación relacionadas a la industria del petróleo en herramientas operativas, tácticas y estratégicas; dicho enfoque pareciera ser compatible con el de Wang.

Se han encontrado diversos trabajos en donde se formulan modelos para optimizar la producción en pozos; en tal sentido, puede mencionarse el trabajo de Robles y Vázquez [11], el cual propone un modelo matemático que permite optimizar la planeación de la producción de gas y petróleo de

varios pozos; el horizonte de planeación se divide en varios períodos de tiempo en los cuales se tiene una demanda conocida y se asocia un coeficiente de costo a cada pozo en la función objetivo. La formulación contempla la disminución de la presión en la boca del pozo debido a la extracción y la recuperación de la presión cuando la producción del mismo se anula y modela las restricciones debidas a la caída de presión en las tuberías y la interconectividad de los pozos.

Lima Silva [12] establece que, en principio, los planes óptimos de producción podrían lograrse formulando el problema de optimización de la producción como un programa MINLP (Mixed Integer Nonlinear Program) para los fenómenos no lineales complejos como la producción de pozos y la caída de presión. Puesto que estas relaciones no se conocen explícitamente, pueden ser aproximadas usando funciones no lineales para lanzar el problema como un MINLP o usar modelos lineales por pieza para producir un problema de Programación Lineal Entera Mixta (MILP).

En su libro, Chowdhury [6] presenta once estudios de optimización y mejora de negocios reales que profundizan en actividades y áreas funcionales de E&P, cubriendo una amplia gama de operaciones y procesos. Utiliza diversas técnicas cuantitativas y cualitativas para optimizar, tales como programación lineal, teoría de colas, análisis de camino crítico, análisis económico, benchmark de mejores prácticas, simplificación de procesos de negocio, etc. Entre los problemas que aborda se encuentran: productividad de las operaciones de perforación; pérdida de tiempo de la plataforma controlable; estrategia de exploración en aguas profundas; tiempo de movimiento de la plataforma y horario de actividades; tamaño de la flota de buques de suministro costa afuera; sistema de gestión de la cadena de suministro; mano de obra estratégica y productividad de los recursos humanos; precio del petróleo base para un país; estandarizar el consumo de materiales; desarrollar normas de seguridad uniformes para instalaciones offshore y mejorar la eficiencia organizacional a través de la simplificación de los procesos de negocio.

Shakhsi-Niaei y col. [13] publican un artículo de revisión sobre aplicaciones de optimización en el upstream y midstream de petróleo y gas, proporcionando un resumen de la literatura científica al respecto. En dicho trabajo, los autores toman como base la clasificación de herramientas de Ulstein [10] y proponen una taxonomía mixta para problemas de optimización del upstream y del midstream basados en su calendario y alcance de la planificación; la Tabla 1 sintetiza dicha clasificación.

Tabla 1. *Taxonomía de problemas de optimización en upstream y midstream*

Período de tiempo de las decisiones	Alcance de la planificación		
	Exploración y Desarrollo	Producción	Transporte
Estratégica	Selección y Programación de cartera de proyectos (exploración, oleoductos, nuevas instalaciones, refinerías, petroquímicas, etc.)	Planificación de entregas anuales.	Compra. Alquiler de barcos. Decisiones de fletes.
Táctica	Dotación de personal. Optimización de la perforación.	Planificación de la producción	Planificación de la carga.
Operacional	Asignación de trabajo.	Optimización y programación de producción. Optimización en pozos.	Programación del transporte. Ruta de vehículos.

La primera columna de la Tabla 1 considera como elementos el periodo de tiempo de las decisiones, mientras que dentro del alcance, las columnas de Exploración y Desarrollo y Producción corresponden a la etapa del upstream, siendo el transporte la correspondiente al midstream. Sin embargo, las técnicas de optimización a emplear para resolver las situaciones planteadas no son exclusivas de alguna categoría en particular, sino que según la estructura del modelo matemático que represente el problema será la metodología recomendada.

Por tal motivo, se muestran a continuación problemas de optimización en la industria, clasificados según el periodo de tiempo de las decisiones, y las técnicas de optimización a aplicar.

a) De decisiones estratégicas:

- Selección de proyectos de inversión, minimizando el riesgo sujeto a un nivel de rendimiento, empleando Modelo de Markowitz.
- Plan óptimo de perforación y expansión de instalaciones para múltiples reservorios, mediante Programación Lineal.
- Optimización de modelos de control de desarrollo, planificación y gestión de reservorios, aplicando Programación No Lineal.
- Modelo de distribución offshore con incertidumbre, mediante Programación Dinámica Estocástica.
- Planificación de infraestructura offshore, con Programación No Lineal Mezcla Entera.

b) De decisiones tácticas:

- Modelo de asignación de personal a las actividades de exploración de gas y petróleo aplicando Programación Lineal o Programación Lineal Entera.
 - Optimización de la configuración de gas-lift a través de un Modelo de Programación No Lineal.
 - Modelo de decisiones tácticas, tales como, regulación de los niveles de producción, división de los flujos de producción en productos de petróleo y gas, procesamiento adicional del gas y transporte en red de tuberías mediante Programación Lineal.
- c) **De decisiones operacionales:**
- Maximización del ingreso diario de un campo de producción de reservorios múltiples en el día a día, o sistema de producción de pozos interconectados a través de colectores, empleando Programación No Lineal.
 - Maximización de la tasa total de producción de petróleo, determinando las tasas óptimas de inyección de gas en un grupo de pozos de extracción de gas continuo, aplicando una técnica de optimización no lineal cuasi-Newton.
 - Simulación y optimización de la asignación general de gas-lift mediante Modelo de Redes de flujo multifase basado en el equilibrio de presión, integrado con un robusto enfoque de Programación Cuadrática Sucesiva.
 - Programas de estimulación de pozos, mediante simulación del flujo de vapor en redes y pozos, con algoritmo de Programación Cuadrática Sucesiva.
 - Asignación de gas-lift a pozos en yacimientos de gran tamaño, sujetos a múltiples restricciones de presión y caudal aplicando Programación Cuadrática Sucesiva.

4. EJEMPLOS DE POTENCIALES APLICACIONES

En esta primera aproximación se han detectado algunas situaciones que potencialmente podrían resolverse mediante la aplicación de técnicas de optimización, a los efectos de mejorar la performance de las mismas. Como ejemplo se describen 2 situaciones, la primera de ellas de decisión operacional y la segunda de decisión táctica, según la clasificación dada.

4.1. Planta de tratamiento de agua para recuperación secundaria

Se ha dicho que la CGSJ se encuentra en estado de madurez, por lo que se está explotando a través de diversos métodos de recuperación; si bien no es novedosa, la recuperación secundaria es la responsable de aproximadamente la mitad del petróleo producido en la cuenca.

Básicamente, la recuperación secundaria consiste en una inyección de un fluido (en la cuenca se emplea la reutilización del agua producida) a través de pozos inyectoras, la cual “barre” hacia los pozos productores el hidrocarburo que quedó en la roca.

El agua a inyectar debe respetar ciertos parámetros, los que se ajustan con un tratamiento de la misma. Los parámetros que más comúnmente se siguen en las Plantas de Tratamiento de Agua se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. *Parámetros de Calidad de Agua para tratamiento secundario.*

Parámetro	Características	Valor Límite
HC [ppm]	Contenido de hidrocarburos; los valores varían según el requerimiento de las operadoras, pudiendo llegar a tan estrictos como 2ppm	15-25
SST [ppm]	Sólidos en Suspensión totales; los niveles permisibles de SS están sujetos a discusión. Se sugiere una relación HC/SST < 0,5, que asegura sólidos menos “adherentes” y no producen tanto daño. Un análisis que debe ser tenido en cuenta es el diámetro promedio de las partículas	HC/SST < 0,5
BSR [UFC]	Bacterias Sulfato reductoras; se mide en Unidades Formadoras de Colonia, UFC.	10-100
Fe y S [ppm]	Hierro y Azufre totales	5

En la planta se adicionan productos químicos (su naturaleza puede ser desemulsionante, clarificante, floculante, bactericida, etc.) a los efectos de alcanzar los requerimientos mencionados para la calidad del agua a inyectar; un objetivo deseable entonces, es tener el menor costo posible de los productos químicos a utilizar.

La Figura 5 muestra un esquema, entre muchos otros posibles, de una planta de tales características.

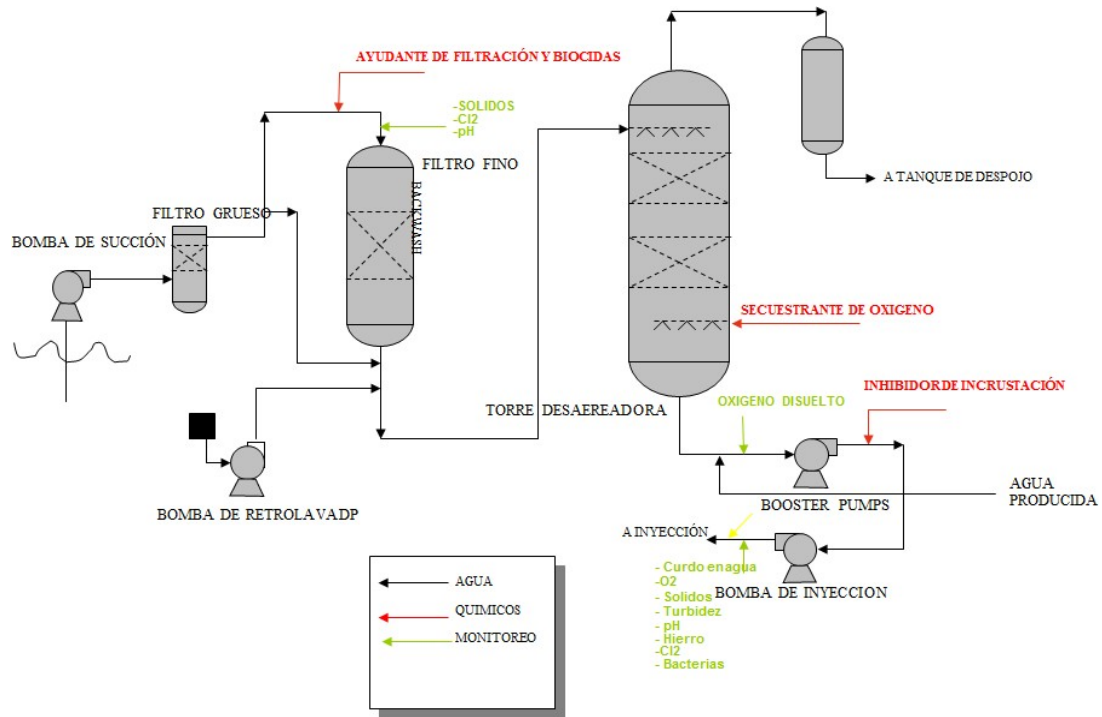


Figura 5. Diagrama de proceso y tratamiento químico del agua para recuperación secundaria

En la práctica, la cantidad del producto químico a emplear se determina en forma experimental, a través de ensayos de prueba y error entre el producto agregado y el valor de la variable a controlar. A priori, parece posible hacer la determinación óptima de la cantidad de producto químico (generalmente conocido por su nombre comercial y no por su formulación específica) a través de un modelo matemático cuya función objetivo contemplara la sumatoria del costo de cada producto químico por el caudal empleado del mismo, tal como en la ecuación (1), donde para un total de n productos, C_j es el costo por unidad de volumen del producto j y Q_j , el caudal empleado del mismo en la planta, constituyendo variables de decisión.

$$\min \text{Costo} = \sum^n (C_j \cdot Q_j) \quad (1)$$

Esta función objetivo estaría sujeta a restricciones que contemplaran los balances de materia en la planta y los valores admisibles de determinadas concentraciones; la relación entre el caudal agregado del producto químico j con el valor de concentración en una corriente debería realizarse a través de correlaciones matemáticas o gráficos de ensayos. También podría realizarse un análisis de sensibilidad para la situación, que ayudaría a contemplar previamente rangos de aplicación. Por supuesto, para elaborar el modelo matemático deben conocerse más detalles de las relaciones entre variables y las características de las mismas, lo que se intentará en la segunda fase del proyecto de investigación.

4.2 Asignación y planeamiento de personal en las actividades de E&P

El mantenimiento y formación del personal, análisis “*training and employment*” en la Industria Petrolera [14], es importante como uno de los factores que inciden en el negocio, ya que la buena formación para desempeñar un buen trabajo de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, conseguir buenos valores en la confiabilidad de los sistemas y equipos, lograr la optimización de sus capacidades, confeccionar análisis de desviaciones existentes, etc., inciden sobre rentabilidades parciales y generales.

El primer propósito en el planeamiento de la mano de obra es determinar el requerimiento de cantidad de personas con un conjunto de habilidades específicas en un tiempo dado para un determinado nivel de actividades, con un costo óptimo. Sin embargo, en la práctica esta enunciación dista mucho de la situación ideal, ya que la gran cantidad de restricciones dificulta encontrar la combinación perfecta.

La optimización de la mano de obra en una empresa de E&P (que suele ser más compleja que en una industria convencional) es un proceso de múltiples fases cuyos principales componentes son:

- i) previsión de demanda, ii) previsión de la disponibilidad y iii) estrategia para equilibrar los anteriores [6].

Para evaluar esos componentes del proceso de optimización, se han empleado diversas estrategias entre las que pueden mencionarse: estudio y análisis de trabajo, técnica Delphi, métodos estadísticos, análisis de regresión, simulación, gestión de inventarios, análisis de Markov, entre otras.

Las técnicas matemáticas normalmente usadas para planificar la mano de obra son Programación lineal, Programación lineal entera, Problema de asignación, etc., pero su uso se ve complicado en la práctica real por las características de la industria; el punto de referencia de mejores prácticas (“best practice benchmark”) es una elección más popular.

La optimización de mano de obra en las actividades de E&P ha sido llevada a cabo en [6] enfatizando el enfoque de múltiples disciplinas y habilidades; el autor sugiere que, dado que los factores a considerar varían de una empresa a otra, se trabaje sobre un modelo personalizado para cada caso; en la Figura 6 se muestra un ejemplo ilustrativo extraído de la obra mencionada en cuanto al requerimiento de mano de obra para distintos servicios.

Assessment Based on	Supplier Deficit	Existing Manpower	Assessed Manpower Demand	Distribution of Assessed Manpower Demand				Remarks
				Operations	Maintenance	Plan. and Contract	Tech. and Base Support	
Organization norms and work practices	12	20	23	11	1	1	1	
Best practice benchmark	21	35	14	8	3	1	2	

Assessment Based on	Supplier Deficit	Existing Manpower	Assessed Manpower	Distribution of Assessed Manpower						Remarks
				Drilling Rigs (7 No.)	W/O Rig (1 No.)	Rig Cust.	Plan. and Contract	Three Labs (Oil and Water, Gas, Corros)	Tech. and Base Support	
Organization norms and work practices	4	99	51	11	4	7	2	12	3	
Best practice benchmark	15	39	34	13	5	1	1	7	7	

Figura 6. Ejemplo de evaluación sobre demanda de mano de obra en distintos servicios en E&P

Se plantea entonces el desafío de, una vez identificada determinada situación en la Cuenca a través de la interacción con actores empresariales, encontrar un modelo que pueda aplicarse para optimizar la planificación y asignación de mano de obra en las actividades de la industria.

5. CONCLUSIONES/RESULTADOS ESPERADOS

El análisis de los problemas de optimización en upstream y midstream es un área de investigación relativamente nueva y de rápido crecimiento; este trabajo nos permite tener una línea de base inicial de las distintas aplicaciones mundiales de técnicas analíticas en la industria del gas y petróleo.

Según la revisión realizada, la aplicación de técnicas de optimización a la infinidad de situaciones posibles, ha demostrado tener un impacto significativo al constituirse en una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones óptimas en todos los niveles de la Industria del petróleo.

Dado que no se han encontrado publicaciones que analicen o apliquen técnicas de optimización matemática a la CGSJ, a partir de las situaciones identificadas a nivel global, se procederá a verificar las situaciones de interés en la zona.

Por ello, la siguiente etapa está planteada en la realización de un Seminario/taller como inducción al tema, invitando a docentes y alumnos avanzados de la carrera de ingeniería en petróleo así como a personal de las empresas que se desempeñan en la Cuenca. A partir de proporcionar el panorama genérico de la aplicación de optimización en la industria mostrado en este trabajo, se procurará detectar inquietudes o problemáticas comunes, que lleven a la selección de algunas situaciones a explorar con mayor detalle, formulando el modelo matemático de optimización y proponiendo la técnica adecuada para su resolución.

También se procurará identificar problemas de mayor magnitud factibles de ser abordados en posteriores investigaciones, incluso a través de tesis del reciente Doctorado en Ciencias de la Ingeniería que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB.

6. REFERENCIAS

- [1] EIA (2016). International energy outlook 2016. Energy Information Administration, USA. Consultado en: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo>
- [2] Figari, E., Strelkov, E.E., Laffitte, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, P., Martínez, R. y Villar, H. (1999). “Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica”. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 197-237, Buenos Aires.
- [3] Fitzgerald, M.G., Mitchum Jr., R. M., Uliana, M. A. y Biddle, K. T. (1990). “Evolution of the San Jorge Basin, Argentina”. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 74: 879-920.
- [4] Dirección Nacional de Estadística y Censos, Chubut. “Reservas comprobadas de Petróleo en Chubut y Resto del País en miles de m³. Provincia del Chubut. Años 1983-2017”. En: https://www.estadistica.chubut.gov.ar/home/index.php?option=com_content&view=article&id=490&Itemid=327
- [5] 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.
- [6] Chowdhury Sanjib, 2016. Optimization and Business Improvement: Study in Upstream Oil and Gas Industry. Wiley series on Oil and Gas.
- [7] Furtado Teixeira, Alex y Mello Massa de Campos, Mário César (2013). “Production Optimization – An Industry Perspective”. International Conference on Integrated Operations in the Petroleum Industry, Trondheim, Noruega.
- [8] Wang, Pengju (2003). “Development and Applications of Production Optimization Techniques for Petroleum Fields”. Tesis doctoral. Universidad de Stanford, USA.
- [9] Barragán-Hernández, V.; Vázquez-Román, R.; Rosales-Marines, L. y García Sánchez, F. (2005). “A strategy for simulation and optimization of gas and oil production”. Computers and Chemical Engineering 30, 215–227
- [10] Ulstein, N. L., Nygreen, B., and Sagli, J. R. (2007). “Tactical planning of offshore petroleum production”. European Journal of Operational Research, 176(1), 550–564.
- [11] Robles-Agudo, Oswaldo y Vázquez-Román, Richart (2008). “Un Modelo de Programación No-lineal para la Planeación de la Producción de Gas y Petróleo”. Información Tecnológica, Vol. 19 N° 3.
- [12] Lima Silva, Thiago; Camponogara, Eduardo (2014): “A computational analysis of multidimensional piecewise-linear models with applications to oil production optimization”. European Journal of Operational Research, 232 (2014), 630–642.
- [13] Shakhshi-Niaei, Majid; Hossein Iranmanesh, Seyed and Torabi, Seyed Ali (2013). “A Review of Mathematical Optimization Applications in Oil-and-Gas Upstream & Midstream Management”. International Journal of Energy and Statistics. Vol. 1, No. 2 143–154.
- [14] Blanco, Juan Ignacio (2017): “Innovaciones productivas en la Industria del Petróleo”, publicado el 28/2/2017 en <https://www.eadic.com/innovaciones-productivas-en-la-industria-del-petroleo/>

Algoritmos, industria 4.0 y los recursos humanos, un análisis interdisciplinar.

Meretta Javier *, Gómez Carlos.

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás
jmeretta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN:

Estamos en la era del algoritmo, donde las matemáticas y las ciencias de la computación se están transformando en un poderoso mecanismo de influencia, conformando y guiando nuestro comportamiento, el de las organizaciones y la gobernanza de la sociedad. Este ciclo de transformación productiva impulsado por nuevas tecnologías con foco digital, denominado Industria 4.0, implica una transformación con potencial de crear fábricas con procesos productivos totalmente integrados y automatizados, con procesamiento de información en tiempo real para optimizar la producción, predecir fallas e integrar las cadenas de suministros para volverlas más eficientes.

El impacto en los procesos productivos será significativo, buscando flexibilidad, eficiencia y velocidad, a la vez que condiciona cada vez más al hombre en las organizaciones, con importantes implicancias para los nuevos empleos que demandarán las empresas.

Este trabajo pretende aportar una mirada interdisciplinar entre la ingeniería industrial y las ciencias sociales mediante una revisión de la literatura.

Palabras clave: algoritmos, industria 4.0, recursos humanos.

ABSTRACT:

We are in the algorithm era, where mathematics and computer science are becoming a powerful mechanism of influence, shaping and guiding our behavior, that of organizations and the governance of society. This cycle of productive transformation driven by new technologies with digital focus, called Industry 4.0, implies a transformation with the potential to create factories with fully integrated and automated production processes, with real time information processing to optimize production, predict failures and integrate Supply chains to make them more efficient.

The impact on production processes will be significant, seeking flexibility, efficiency and speed, while increasingly conditioning man in organizations, with important implications for the new jobs that companies will demand.

This work aims to provide an interdisciplinary look between industrial engineering and social sciences through a review of the literature.

1 Introducción

La digitalización de la industria, conocida como industria 4.0, es hoy día una tendencia irreversible que modificará empresas, sectores, mercados y al empleo. Muchos mitos se han creado a partir de la incorporación de nuevas tecnologías en la industria pero como dice Gustavo Roldán [1] en su libro para niños: “*Si nos encontramos ante algo que pudiera ser un monstruo, es mejor asegurarse de que realmente lo sea...*”; a tal fin nos hemos lanzado en esta revisión bibliográfica.

En primer lugar debemos tener en claro que se entiende por industria 4.0. Se denomina así a un conjunto de diversas tecnologías que individualmente tienen un gran potencial pero en conjunto están produciendo un cambio estructural en las cadenas de valor, redefiniendo patrones de especialización y generando redes de conocimiento y tecnología complejas, que presentan oportunidades y desafíos a amplios sectores de la producción industrial.

Este grupo de tecnologías comprende, entre otras, a la Internet Industrial, Conectividad, Big Data, Sistemas Ciber físicos, Inteligencia Artificial, Cloud computing, Ciberseguridad, Realidad aumentada y Realidad Virtual, Robótica colaborativa y Fabricación aditiva, Figura 1.



Fuente: Industria 4.0, la gran oportunidad LÓPEZ RAMÓN Y CAJAL, ESCUDERO CEBALLOS, 2016

Figura 1 *Tecnologías de Industria 4.0*

En otra definición, del Val Román [2] se refiere a la industria 4.0 como un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación, apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información. En síntesis, se trata de la aplicación en la industria del modelo Internet de las cosas, reconociendo de esta forma que los procesos de fabricación se encuentran inmersos en un proceso de transformación digital; dando forma a una nueva revolución industrial de la mano de la informática y el software.

La industria 4.0 presenta muchos beneficios para las empresas que son cada vez más necesarios para satisfacer las demandas de un cliente que ha cambiado. Los nuevos mercados se basan en la creación y la personalización de nuevos productos y servicios innovadores, para clientes que exigen calidad y están dispuestos a pagar por la experiencia o el servicio más que por el producto en sí. La conectividad, capacidad de actualización y personalización, requieren incorporar la informática a cualquier producto.

A su vez, representa un gran cambio para las organizaciones, en primer lugar incide en la estrategia de la organización ya que surgen nuevas formas de crear y aportar valor, lo que obliga a

replantear los objetivos de la empresa. Se abren nuevas oportunidades para diferenciarse de la competencia y obtener un mayor crecimiento en el mercado. Estas tecnologías permiten trascender la idea de mejora e ir en busca de la excelencia a través de la evolución hacia operaciones inteligentes; a la vez que supone un reto para las organizaciones al requerir conformar y capacitar equipos de trabajo acordes al desafío.

El impacto más importante de la Industria 4.0 se da en la mejora de las operaciones, como por ejemplo producción y logística dado que la internet industrial y la conectividad aplicada a la fábrica permiten un mejor control en tiempo real de los procesos, lo que implica una mejora en la calidad de los procesos, la productividad de las máquinas y líneas de producción [3]. Si en este punto se agrega el big data se puede pasar del control a la anticipación, la predicción y la optimización.

Con la incorporación de inteligencia artificial se puede pensar en una planta que se autogestione, mediante máquinas que puedan reconfigurarse automáticamente en función de las necesidades. Por otro lado la internet industrial, la robótica y la impresión en 3D van a permitir avanzar en una producción más flexible. En este camino cada empresa puede, en la medida de sus posibilidades, alcanzar una fábrica inteligente, flexible y cero defectos; con posibilidad de integrar las cadenas de suministros de proveedores y clientes.

Hasta aquí tenemos un pequeño panorama de cómo puede cambiar la fábrica, pero indagemos un poco sobre que puede ocurrir más allá de los límites de la planta. La incorporación de estas nuevas tecnologías nos permite imaginar un nuevo modelo de negocios. En este sentido pueden mencionarse como posibilidades, Figura 2: la venta de híbridos producto – servicio, donde la asociación puede ser el conocimiento como servicio, o lo que se conoce como venta de resultados: el producto como servicio [3]. En el primer caso, empresas que venden un producto determinado y poseen una buena base de conocimiento sobre dicho producto, pueden dar un servicio asociado al mismo; el mismo puede ser un mantenimiento predictivo, una fabricación in situ con impresión 3d o el control de los productos en forma remota. En el segundo caso, el producto como servicio, donde la empresa cobra por el uso real del producto como el caso de neumáticos, donde la empresa cobra por distancia recorrida en lugar de la venta tradicional. Un elevado nivel de personalización de los productos es posible en base a la conectividad, la flexibilidad de las líneas de producción y la fabricación a demanda. La conectividad permite brindar servicios que satisfagan las nuevas necesidades y aprovechen oportunidades subyacentes, a modo de ejemplo podemos citar los teléfonos inteligentes y el infinito mundo de posibilidades con sus aplicaciones. Un caso similar ocurre con los automóviles, donde algunas compañías ya han incorporado un servicio en línea de asistencia al cliente que se vende como un producto diferencial.



Fuente: López Ramón y Cajal, Escudero Ceballos, 2016

Figura 2. Nuevos modelos de negocios

Ante este nuevo mundo las organizaciones deberán identificar las oportunidades de agregar valor a sus productos y servicios para no quedar afuera del mercado, deberán decidir qué quieren ser y qué no.

Hemos visto hasta aquí una introducción, un pequeño panorama de la denominada industria 4.0, sus principales características y los impactos posibles en la industria y los mercados.

2. Situación en Argentina

Es necesario ahora indagar en qué estado se encuentra este nuevo ciclo de transformación productiva impulsado por nuevas tecnologías con foco digital en nuestro país. A tal fin consultamos un informe de The Boston Consulting Group [4], realizado en conjunto con la Secretaría de la Transformación Productiva del Ministerio de Producción Argentina; basado en una encuesta a 66 grandes empresas industriales de diferentes sectores económicos. Se destaca en primer lugar que solo un 30% de las encuestadas ha implementado iniciativas concretas y que estas están relacionadas con fábricas inteligentes, control de la producción y gestión del desempeño en tiempo real. Por otro lado la falta de personal calificado, la incertidumbre frente al retorno económico de las inversiones y la resistencia al cambio, son los desafíos más importantes para las empresas encuestadas.

El informe ha detectado ocho tecnologías clave de este proceso de transformación que se detallan a continuación, Figura 3:



Figura 3. *Tecnologías clave. Fuente: BCG [4]*

El 76% de los encuestados manifiestan que la evolución hacia la Industria 4.0 forma parte de las discusiones de la alta gerencia, abarcando temas como el control de la producción y diseño de fábricas digitales, gestión del desempeño en tiempo real, tableros electrónicos de desempeño, mantenimiento predictivo y fábricas inteligentes, Figura 4.

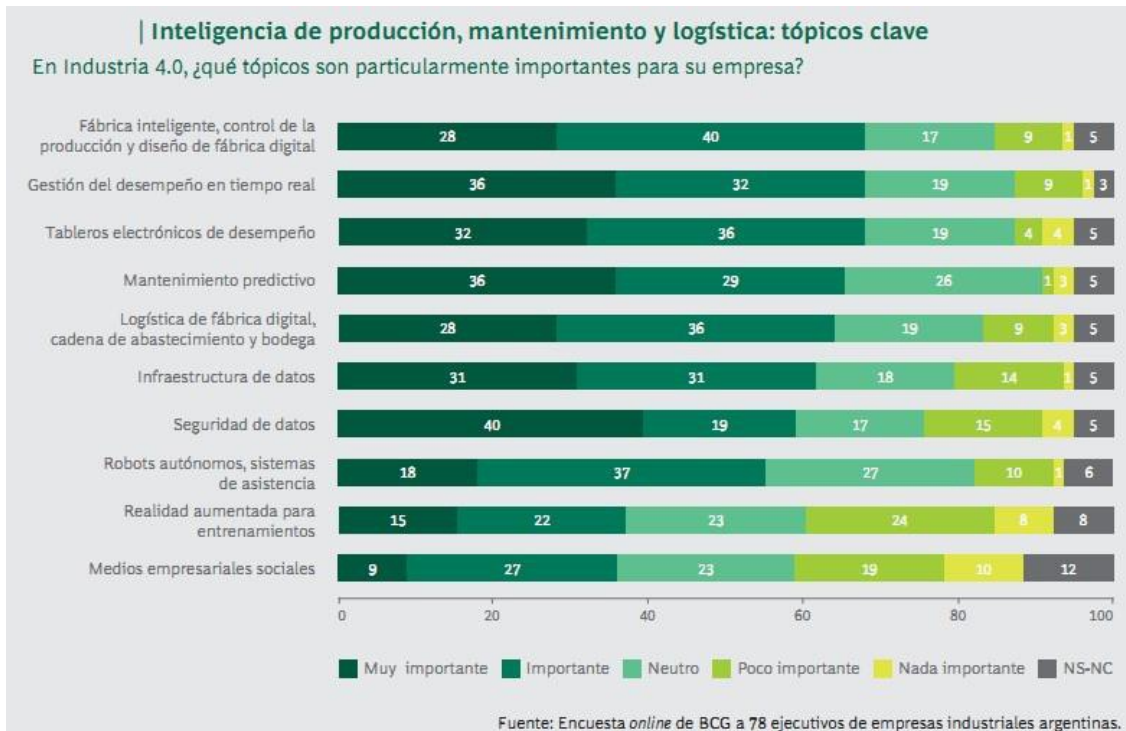


Figura 4. Tópicos relevantes

En el gráfico se puede observar el nivel de importancia que las organizaciones le otorgan a cada tecnología, siendo la gestión del desempeño en tiempo real y el mantenimiento predictivo los puntos más valorados; por otro lado los temas a los cuales se les otorga menor importancia son los medios empresariales sociales y el entrenamiento mediante realidad aumentada.

Si bien el 41% de los entrevistados comenzó a desarrollar los primeros conceptos, solo el 27% está implementando medidas concretas y el 22% afirma no estar preparado aún para la transformación. El informe aclara que la transformación digital está liderada por las empresas de mayor tamaño, quienes tienen mayor capacidad para invertir en nuevas tecnologías y en investigación y desarrollo.

El mayor grado de avance en las empresas se da en la implementación de tecnologías relacionadas con la seguridad e infraestructura de datos, dado su bajo costo y la estandarización de sus productos. En el otro extremo, el de menor avance, se encuentran el control de la producción y diseño, la realidad aumentada y las fábricas inteligentes.

En vista del futuro las empresas argentinas deberán realizar un importante esfuerzo para alcanzar el nivel de desarrollo de los países más industrializados tal como lo demuestra el informe del BCG [4], solo el 34% de las empresas entrevistadas cuenta con planes para incorporar las tecnologías de la Industria 4.0 en los próximos 5 años, frente a más del 70% en países más industrializados. En la Figura 5 se compara esta situación de Argentina frente a Alemania y Francia:

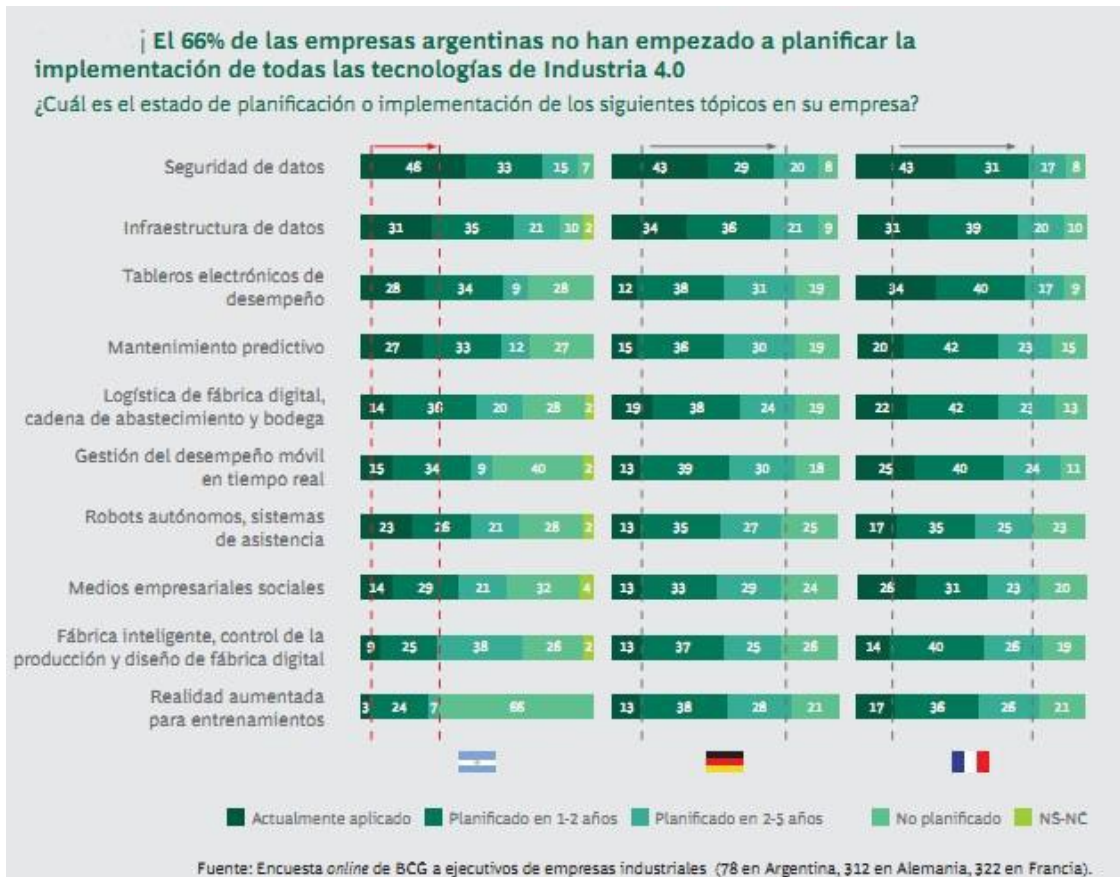


Figura 5 Comparación Argentina, Alemania y Francia

A nivel global, los ejecutivos comprenden que la adopción de Industria 4.0 otorga importantes beneficios en términos de productividad. Estos aumentos de productividad se dan en todos los sectores industriales, con tecnologías que van desde robots autónomos usados en la industria automotriz, que se adaptan de manera automática a los cambios en la producción asegurando un proceso más flexible y ágil, hasta analítica avanzada para mantenimientos predictivos en las metalúrgicas para reducir tiempos muertos. Pero en este camino hacia la Industria 4.0, las organizaciones deben enfrentar grandes desafíos. Los principales inconvenientes que arroja la encuesta están relacionados con la falta de personal calificado, incertidumbre respecto al impacto de las inversiones en las ganancias de la empresa y la resistencia al cambio y a la innovación.

Hemos visto hasta el momento, las principales ventajas de la Industria 4.0 y un panorama del estado de implementación de estas tecnologías en Argentina, de igual manera hemos presentado una pequeña comparación con países industrializados; pero debemos preguntarnos ahora qué ocurre con las personas, el factor más importante en esta ecuación.

3. El rol de las personas en el proceso de transformación

La incorporación de estas nuevas tecnologías requiere personal capacitado tanto en las áreas de la ingeniería y desarrollo del proceso productivo, donde nuestra especialidad la Ingeniería Industrial cobra vital importancia, como en las ciencias de datos y manejo de la información. El Big Data cobra importancia junto a la programación, los algoritmos para mantenimiento predictivo y simulaciones, la seguridad de datos y la gestión de los mismos, el desarrollo de software, y la robótica.

Con respecto a esta última, García Echevarría [5], analiza el impacto socio económico de la robotización basado en que las nuevas tecnologías modifican el mundo del trabajo y en consecuencia la división del trabajo. Luego, el ordenamiento configurador del trabajo debe asumir una nueva concepción, a la vez que las empresas y los trabajadores planteen un proceso de permanente adaptación.

En este proceso de adaptación la persona cobra una real importancia al constituirse en protagonista de una transformación donde se le pide confianza en un proceso al cual mira con mucho temor. Esta visión del avance de las nuevas tecnologías afecta al ámbito social, legal, educativo, etc. En este sentido el proceso de implementación de las nuevas tecnologías debe ir acompañado de respuestas a las necesidades de formación y adaptación del mercado laboral, de

manera tal de contribuir a un equilibrio entre los objetivos de eficiencia de la economía y estabilidad social [6].

Esta visión social de la implementación de nuevas tecnologías trasciende el problema del desempleo o la reconversión de las capacidades laborativas, implica el desarrollo de las personas y el potencial que representa el empleo para las mismas. De esta manera estos cambios tecnológicos no ponen solo en riesgo su existencia económica, sino su autoestima y desarrollo social [7], no supone entonces solo problemas tecnológicos, sino profundos problemas sociales que afectan tanto al desarrollo de la persona como al funcionamiento de las organizaciones.

En lo que respecta a la ejecución de las tareas, la incorporación de nuevas tecnologías hará que una parte importante de los procesos manuales sean sustituidos por sistemas automatizados, aunque se cree que las personas tendrán posibilidades de formarse en nuevas competencias para asumir nuevas actividades. Esta nueva configuración del mercado de trabajo, como resultado de los cambios tecnológicos, podría ir acompañada de modificaciones en los tiempos de trabajo como reducciones de jornadas laborales o nuevas modalidades de trabajo, y cambios en las necesidades profesionales.

Esta necesidad de personal altamente calificado y la idea de que estas nuevas tecnologías desplazarán a un número importante de personas de sus puestos de trabajo han generado debates y posiciones encontradas sobre el tema. Podemos presentar dos posiciones contrapuestas, aquella que pronostica masivas pérdidas de puestos de trabajo debido al desarrollo de la automatización y la digitalización, por otro lado se analiza este proceso como un factor de producción que puede transformar las bases del crecimiento en forma global, relativizando el impacto sobre el empleo.

Esta última postura hace referencia a lo que históricamente se ha denominado como “destrucción creativa” ante el avance tecnológico, esta idea se sustenta en la reconversión de las posibilidades laborales que han ocurrido a lo largo de la historia; es decir: se han venido desplazando oficios que rápidamente eran suplantados por otros nuevos.

La otra idea, más sombría, se grafica muy bien en el libro “El auge de los robots” de Martin Ford [8] quien recrea un diálogo no comprobado pero verosímil: Henry Ford II y Walter Reuther --un legendario líder sindical-- recorren una fábrica recién automatizada. El CEO lo provoca diciendo:

--¿Cómo harás para que todos estos robots te paguen la cuota sindical?

El otro le responde:

--Henry, ¿cómo vas a hacer para que compren tus autos?

El texto transcrito por Julián Varsavsky en una nota del diario Página 12 [9], muestra la tensión entre dos visiones de un problema. En este sentido, la incorporación de tecnologías con aumento de la productividad y disminución de la mano de obra, podría establecer un nuevo paradigma o una nueva lógica como define Corvalán [10], donde se cambia la idea tradicional del aumento de la rentabilidad de las organizaciones a partir de la explotación de mano de obra barata, por un nuevo concepto de aumento de la productividad a partir del desarrollo e implementación de nuevas tecnologías. En esta línea el autor plantea un cambio en las organizaciones que pasan de utilizar una relocalización de las plantas de producción en búsqueda de mano de obra de bajo costo; a la implementación de desarrollos tecnológicos basados en la automatización de tareas, lo cual permite un aumento de la productividad y paralelamente reducir costos de producción a partir de la reducción de mano de obra.

El autor expresa que la automatización, dentro de este marco, se perfila como un elemento central para volver a estimular la producción (además de posibilitar la reducción de costos debido a un aumento de la productividad del trabajo, asegurando mayores márgenes de ganancias). Simultáneamente, en el marco de tasas de desempleo altas a nivel global, un posible impacto sobre el mercado laboral podría agravar aún más la situación.

Si se tiene presente el grado de automatización alcanzable, la disminución de los costos de estas tecnologías, el aprendizaje automático (machine learning, que comprende los desarrollos en materia de inteligencia artificial, data mining y estática y visión computacional) y robótica móvil se puede entender el punto de partida de este pensamiento pesimista, que es la suposición de que estos avances permiten realizar tareas que hasta hace poco se consideraban genuinamente humanas (en relación a razonar, sentir y decidir). Contradiendo las “dificultades de reproducir la percepción humana” que autores como Levy y Murnane [11] señalaban en su capítulo “Why People Still Matter” (“Por qué la gente sigue importando”), Frey y Osborne [12] subrayan que los

alcances de la automatización no están ya confinados a tareas rutinarias, sino que en la actualidad son capaces de realizar tareas de tipo cognitivo (como conducir un auto, entre otras cosas).

En este sentido, Corvalán [10] expresa en su trabajo con una mirada interdisciplinaria, que “el vertiginoso desarrollo de estos avances es tan sorprendente que es posible realizar en la actualidad tareas que hasta hace poco tiempo pertenecían a un dominio exclusivo humano: los desarrollos en robótica avanzada a partir de la incorporación de sensores e inteligencia artificial que permiten una mejora en la destreza de los movimientos han hecho que los robots puedan llegar a ser más prácticos que el trabajo humano en tareas de manufactura, como así también en un número creciente de trabajos de servicio como limpieza y mantenimiento; las innovaciones en transporte autónomo han permitido la creación de autos, camiones y barcos que operan de forma independiente; el desarrollo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático (machine learning) están haciendo posible automatizar tareas de conocimiento que hasta hace poco eran imposibles o imprácticas para que las máquinas las realicen. En la misma línea, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) señala en un informe del año 2015 que [13]: “... hay una creciente preocupación sobre la posibilidad de que este tipo de cambio tecnológico reemplace la mano de obra”.

Con otra visión, García Echevarría [5], habla del desarrollo de las personas en las organizaciones que implementen estas tecnologías y expresa que: *“El avance significativo de los procesos de transformación digitalizadores implica de forma directa a la persona en el momento en que tiene que involucrar el mundo real con el mundo virtual.”* El autor destaca que las nuevas tecnologías de la digitalización obligan a una integración de la persona, no sólo como “trabajador”, con un papel pequeño en la división general del trabajo, sino como miembro de una “corporación”, de una empresa en la que tiene una responsabilidad integral.

Es en este sentido afirma que *“se debe aprovechar el propio desarrollo de las personas, basado en su experiencia, en los procesos técnico-económicos y sociales, y asumiendo los nuevos conocimientos necesarios en el ámbito de la digitalización, procesos en pleno desarrollo, que precisan no sólo de una mayor competencia entre las instituciones de formación, sino una más estrecha cooperación entre empresas, instituciones públicas y universidades con el fin de avanzar en nuevas formas de formación en investigación compartida. Y ello exige la creación de centros de investigación que creen las condiciones institucionales para esta cooperación.”*

En la visión de los analistas se pone énfasis en el desarrollo de las personas dentro de las organizaciones a partir de la incorporación de la digitalización, este desarrollo es reforzado con la creación de confianza y una horizontalidad más acentuada en las empresas. El diseño organizativo tenderá a ser más corporativo incorporando a las personas como factor clave, a consecuencia de su creciente responsabilidad y creación de valor. El personal deberá estar más calificado acorde a los requerimientos del sistema, lo cual supone un empoderamiento de la persona.

Esta visión optimista se cristaliza en la afirmación de Shushanik Papanyan [14]: *“el mayor impacto documentado derivado de la automatización en el trabajo ha sido una disminución de las horas de trabajo junto con un crecimiento en los niveles de vida.”*

4. Conclusiones

Existen en la literatura dos posiciones encontradas, por un lado, una visión pesimista del avance de estas tecnologías, que implicaría una masiva pérdida de puestos de trabajo con las implicancias sociales que esto representaría. Por otro lado una visión más optimista que hace hincapié en el aumento de la productividad, reducción de tiempos, costos, y otros beneficios para las organizaciones. Esta dicotomía parecería representar las visiones de dos sectores: el de los empleados y el de las empresas.

No existen aún, estudios profundos en nuestro país que analicen el impacto social de la incorporación de estas nuevas tecnologías. Los beneficios para las organizaciones parecerían quedar claros, pero no se tiene en cuenta en la literatura una idea más real, cercana a nuestros problemas de empleo, que comprenda al personal menos capacitado que realiza tareas mecánicas y rutinarias, que presenta menores posibilidades de formación y adaptación al nuevo orden; aquél que será de los primeros en ser reemplazados.

En otro sentido, el nivel de implementación de estas nuevas tecnologías aún es bajo en Argentina y tiene poca proyección de crecimiento en el mediano plazo, como lo muestra el informe del Boston Consulting Group [4], más aún en una industria deprimida, con mucha capacidad ociosa y cuya mayor preocupación hoy es la subsistencia.

5. Bibliografía:

- [1] Roldán, G. (2010). “Cómo reconocer a un monstruo”. Editorial CalibroscoPIO/Thule.
- [2] Del Val Román, José Luis. (2016) “Industria 4.0: la transformación digital de la industria” coddiinforme, Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.
- [3] Lopez Ramón y Cajal, Escudero Ceballos, (2016). “Industria 4.0, la gran oportunidad” Economía Aragonesa. Número 59. Abril. P 109-123.
- [4] Nieponice, G; Rivera, R. Tfeli, A.; Drewanz J. (2018). “Acelerando el desarrollo de la Industria 4.0 en Argentina” The Boston Consulting Group.
- [5] García Echevarría, Santiago. (2018). “Impacto socio económico de la robotización. Claves de los nuevos diseños organizativos.” Conferencias y trabajos de investigación del Instituto de Dirección y Organización de Empresas. Núm. 394. Universidad de Alcalá.
- [6] Elstner, S., Feld, L.P. y Schmidt, C.M. (2016), “Bedingt abwehrbereit-Deutschland in digitalen Wandel” Sachverständigenrat, Arbeitspapiere 03/2016, 2016.
- [7] Eucken, W. (2017), “Principios de Política Económica”, Aranzadi, Pamplona.
- [8] Ford, M. (2016). “El auge de los robots”. Editorial Paidós.
- [9] Varsavsky Julián, “Japón: un viaje por la robótica, la sexualidad y la virtualidad” Diario Página 12. 19/08/2019
- [10] Corvalán, Juan G. (2017). “Desarrollo tecnológico y empleo: Avances preliminares.” Diario DPI. <https://dpicuantico.com/sitio/wp-content/uploads/2017/05/Desarrollo-tecnologico-y-empleo.pdf>
- [11] Levy, F. y Murnane, R. J. (2004). The new division of labor: How computers are creating the next job market . Princeton University Press.
- [12] Frey, C. B., y Osborne, M. A. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?.
- [13] Organización Internacional del Trabajo. (2015). La Iniciativa del centenario relativa al futuro del trabajo. 1 Nota informativa.
- [14] Shushanik Papanyan (2017). “Cuando los robots lo hacen todo y el ocio es obligatorio: No durante otros 100 años” BBVA research.

Modelo de Gestión del Conocimiento Caso de aplicación en una IES

Bangert, Vanesa*; Alarcón, Diego; Ruiz Gómez, María Victoria

**Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Lavaisse 610, Santa Fe, Santa Fe, vjbangert@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN.

La Gestión del Conocimiento (GC) es una temática ampliamente abordada por la bibliografía. Daft (2010) [1], plantea a la GC como un esfuerzo sistemático en encontrar, organizar y dar acceso al capital intelectual de la organización e introducir una cultura de aprendizaje continuo y de compartir conocimiento. Como estrategia organizacional, la GC es principalmente utilizada en el campo de la administración, en tanto que los expertos en la temática sugieren que sería apropiado si la estrategia es usada en las instituciones educativas, que son las que están relacionadas con la producción del conocimiento (Petrova, Smokotin, Kornienko, Ershova y Kachalov, 2015) [2]. El enfoque de la GC en las Instituciones de Educación Superior (IES) es fundamental para el desarrollo de modelos que permitan identificar, organizar, estructurar e integrar los procesos; impulsar la creación, transferencia y uso del conocimiento que se encuentra en la institución; y promover su interacción con el entorno. Un equipo de investigadores de una IES se encuentra llevando adelante un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) que tiene como propósito profundizar acerca de los modelos de GC y su posible aplicación en el ámbito de las IES y en la generación de una propuesta de modelo para la GC aplicable al Departamento Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional. A partir de la ejecución y resultados del PID se busca promover el fortalecimiento de las prácticas académicas, articulando las funciones sustantivas docencia, investigación, extensión y gestión institucional. El PID está actualmente en ejecución y el equipo de trabajo avanza en el análisis de información y en la generación de resultados preliminares que contribuyan con la planificación y desarrollo de las actividades sustantivas del Departamento Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: Conocimiento, Gestión, Educación, IES, Transferencia

ABSTRACT.

Knowledge Management (KM) is a widely addressed issue in the literature. Daft (2010) describes KM as a systematic effort to find, organize, and access the intellectual capital of an organization and to introduce a culture of continuous learning and knowledge sharing. As an organizational strategy, KM is mainly used in the field of management, while experts suggest that the strategy should be rather used in educational institutions, which are the ones related to knowledge production (Petrova, Smokotin, Kornienko, Ershova and Kachalov, 2015) [2]. A KM approach in High Education Institutions (IES, for its Spanish initials) is key for developing models that allow identifying, organizing, structuring, and integrating processes. It encourages the creation, transfer and use of knowledge within the institution and promotes its interaction with the environment.

Currently, a research team at an IES is working on the development of a research project (PID, for its Spanish initials) that delves deeply into KM models and their applications in the academic field so as to propose a specific model for managing knowledge in the Industrial Engineering Department of the National Technological University of Argentina (UTN, for its Spanish initials) in Santa Fe. It is intended to strengthen academic practices and articulate nominal functions such as teaching, research, extension, and institutional management. The research and development project is currently in execution and the work team advances in the analysis of information and in the generation of preliminary results that contribute to the planning and development of the substantive activities of the Industrial Engineering Department.

1. INTRODUCCIÓN.

En un mundo contemporáneo, profundamente atravesado por la cuarta revolución industrial y caracterizado por la vertiginosidad de los cambios en cuanto a avances de la ciencia y la tecnología, la gestión del conocimiento se presenta como una herramienta más que relevante para comenzar a sistematizar la generación de nueva información, garantizando la estabilidad y el crecimiento de las instituciones, en especial a las de base científicas tecnológicas, como lo son las IES y los centros de investigación [3].

Tal como lo resaltan diferentes disciplinas de la ciencia, en esta sociedad contemporánea o también denominadas sociedades del conocimiento, la riqueza y potencialidad de un país puede asociarse a la capacidad de su capital humano y al nivel de desarrollo en ciencia y tecnología que este posea, dado que allí radica una base sólida para un desarrollo real, social e inclusivo. Este desarrollo sumado al compromiso, al nivel de participación y apropiación de la sociedad de donde se origina, genera las bases sólidas para la consolidación de sociedades basadas en el conocimiento [4].

La Gestión del Conocimiento (GC), es una herramienta que permite a las organizaciones identificar y explotar el conocimiento que se encuentra disperso en el interior de las mismas, y promover su uso y transferencia hacia el exterior (sociedad), como así también contribuye con la creación y captura de nuevo conocimiento generado por su capital humano.

La GC como estrategia es ampliamente utilizada en el campo de los negocios, pero poco desarrollada en instituciones académicas y científico-tecnológicas.

A partir de este marco conceptual y considerando a las IES como organizaciones generadoras de conocimiento, resulta de gran interés analizar la GC en dicho ámbito. De esta forma surge el proyecto en curso que se presenta a continuación, en el cual a partir de un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) realizado en la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional, se propone analizar y proponer un modelo de GC aplicable al Departamento de Ingeniería Industrial (DII).

2. DESARROLLO.

2.1 Breve introducción a la Gestión del Conocimiento en las Organizaciones

La Gestión del Conocimiento (GC) es un concepto ampliamente estudiado por diversos autores, que presenta diferentes interpretaciones y que se encuentra en continua revisión y construcción, lo cual se pone en evidencia en los trabajos de Bedoya Dorado (2015) [5] y de Avendaño y Urbáez (2018) [6]. Estos autores recopilan los antecedentes en la temática, citando a varios autores como Myres, Bueno y Peña entre otros, quienes plantean la GC como una función que planifica, coordina y controla flujos de conocimiento que se producen en la empresa relacionada con sus actividades y que genera competencia; también se la define como un proceso sistemático; como una capacidad dinámica; como un conjunto de conceptos, métodos y tecnologías; entre otros.

Para Davenport y Prusak (1998) [7] el conocimiento se origina y aplica en la mente de las personas; en las organizaciones, no sólo se encuentra en documentos y en bases de datos, sino que también está en los procesos, en las prácticas y en las normas institucionales.

La European Guide Practice in Knowledge Management (2008) [8] define la gestión del conocimiento como la gestión de las actividades y procesos que promueven el conocimiento para aumentar la competitividad por medio del mejor uso y de la creación de fuentes de conocimiento individual y colectivo.

En cuanto a los modelos de GC, Avendaño et al. (2016) [6] recopila los principales, como el de Wiig (1993) aplicado a organizaciones en general, el cual plantea los procesos de creación, captura, renovación, compartir y uso del conocimiento en todas las actividades y se enfoca en el principio que para que un conocimiento pueda ser útil y valioso, debe ser organizado y ordenado para que se pueda usar.

Un aspecto importante a señalar, es que entre los procesos de la GC se encuentra la transferencia del conocimiento, incluyendo en dicho concepto la transferencia tecnológica. Este último es un aspecto ampliamente abordado en el ámbito académico y científico tecnológico, pero no así la GC, estrategia que se aplica principalmente en el ámbito empresarial. Autores e investigadores de la temática sugieren que sería apropiado que la estrategia sea usada en la academia y en las instituciones educativas, que son las que están relacionadas con la producción del conocimiento (Petrova, Smokotin, Kornienko, Ershova y Kachalov, 2015) [2].

Indagando en la GC, surge un concepto de interés para el proyecto en ejecución, como es el conocimiento transferible, el cual incluye a las capacidades y resultados, y que persigue la generación de valor económico y social. Las capacidades están ligadas al capital humano, son los conocimientos y recursos generados o adquiridos, útiles y aplicables por quien los dispone, en la satisfacción de demandas sociales/económicas. También se puede llamar know-how, aquello que se sabe hacer y en lo que se es experto. En cuanto a los resultados, es el conocimiento generado, útil y adquirible por actores privados y/o públicos para su aprovechamiento en su actividad económica [9].

Independientemente de la organización, se reconoce la importancia de gestionar el conocimiento que tienen sus integrantes y colaboradores, y la necesidad de contar con adecuados modelos que permitan llevar esto adelante. En la búsqueda e identificación de estos modelos se debe tener en cuenta que cada organización posee su propio y único contexto, cultura, interpretación e implementación de sus diferentes procesos. Las universidades presentan realidades muy diferentes según el grado de desarrollo de algunos factores: capacidades científico-tecnológicas instituidas, desarrollos tecnológicos, conocimiento, grado de innovación en las empresas que conforman su entorno, reconocimiento al desarrollo emprendedor local y global, tejido productivo y social, etc. (Castellaro y Zanitti, 2017) [10].

Es fundamental que las instituciones cuenten con sus propios Modelos de GC, de forma tal que les permita identificar las fuentes de conocimiento; organizar, estructurar e integrar las actividades; y disponer de todo el potencial del conocimiento que se encuentra disperso en la organización, facilitando la producción y transferencia al medio.

2.2 Caso de Estudio

2.2.1 **Ámbito de Aplicación: Departamento Ingeniería Industrial de la UTN Santa Fe**

La Regional Santa Fe es una de las 30 Facultades de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) IES en la cual el conocimiento científico-tecnológico es el centro de las actividades de Docencia, Investigación y Extensión.

El Departamento Ingeniería Industrial (DII), es uno de los 5 Departamentos de Especialidad de la UTN Santa Fe.

La carrera de Ingeniería Industrial comenzó a dictarse en el año 1998, a lo largo de sus 20 años atravesó diversos procesos de acreditación y autoevaluación. Actualmente se encuentra acreditada por la CONEAU y ARCUSUR. Forman parte del Departamento distintos grupos y laboratorios desde donde se llevan adelante proyectos de I+D+i y se brindan servicios tecnológicos.

El DII tiene como máxima autoridad al Consejo Departamental, órgano de control electo compuesto por miembros de 3 de los 4 claustros de la Universidad (docentes, estudiantes y graduados). Es este consejo quien elige al Director, cargo que asume la responsabilidad de gestionar y articular las distintas áreas y actividades que conforman la carrera Ingeniería Industrial.

En el ámbito del DII se llevan adelante actividades enmarcadas en tres funciones primordiales: Docencia, Investigación y Extensión.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un esquema donde se brinda una información acerca de las tres funciones citadas precedentemente.

Tabla 1 Descripción de las funciones Docencia, Investigación y Extensión en el DII

2.2.2 Estructura y Desarrollo del Proyecto

Para dar inicio a este trabajo fue necesario, en primer lugar, reconocer cuáles son las distintas dimensiones que comprenden a la GC, a los efectos de identificar actores, resultados, espacios de trabajo en los cuales se genera el conocimiento, sus mecanismos y destinatarios.

Dentro de las primeras etapas se comenzó con el estudio del estado del arte, llevando adelante un proceso de recopilación y estudio de la bibliografía relacionada a la GC y a su aplicación en organizaciones en general y a la búsqueda de antecedentes de la temática en IES en particular, para luego considerar y definir el proceso de trabajo en el DII de la UTN Santa Fe.

A partir del marco conceptual estudiado se identificaron 4 procesos principales de la GC, los cuales deben ser contemplados en el modelo de GC a desarrollar:

- Crear y Capturar el conocimiento
- Almacenar
- Distribuir/Transferir/Compartir
- Aplicar y Usar

Asimismo, partiendo de autores que abordan aspectos asociados a la transferencia del conocimiento (como concepto amplio que incluye la tecnológica) se determinaron 5 dimensiones, las cuales pueden observarse en la Figura 1, que permitieron estructurar y organizar las actividades de relevamiento y análisis de información del DII. Estas dimensiones fueron definidas sobre la base de Bozeman (2000) [11] quien plantea un modelo de transferencia que considera, el Agente que busca transferir, los Medios por los cuales se produce la transferencia, el Objeto (entidad) transferido, el Entorno de Demanda y el Beneficiario que recibe el objeto; y de Alexander y Martin (2013) [12] sobre las competencias básicas (core competences) y canales de transferencia que permiten la caracterización de diferentes modos y métodos de transferencia. En cuanto al Objeto, considerando el concepto de conocimiento transferible mencionado en el apartado 2.1 se clasificó la búsqueda de información en Capacidades, como el conocimiento disponible por el capital humano que integra el DII y en Resultado, como aquellos Desarrollos Tecnológicos y los resultados de proyectos de investigación aplicada.

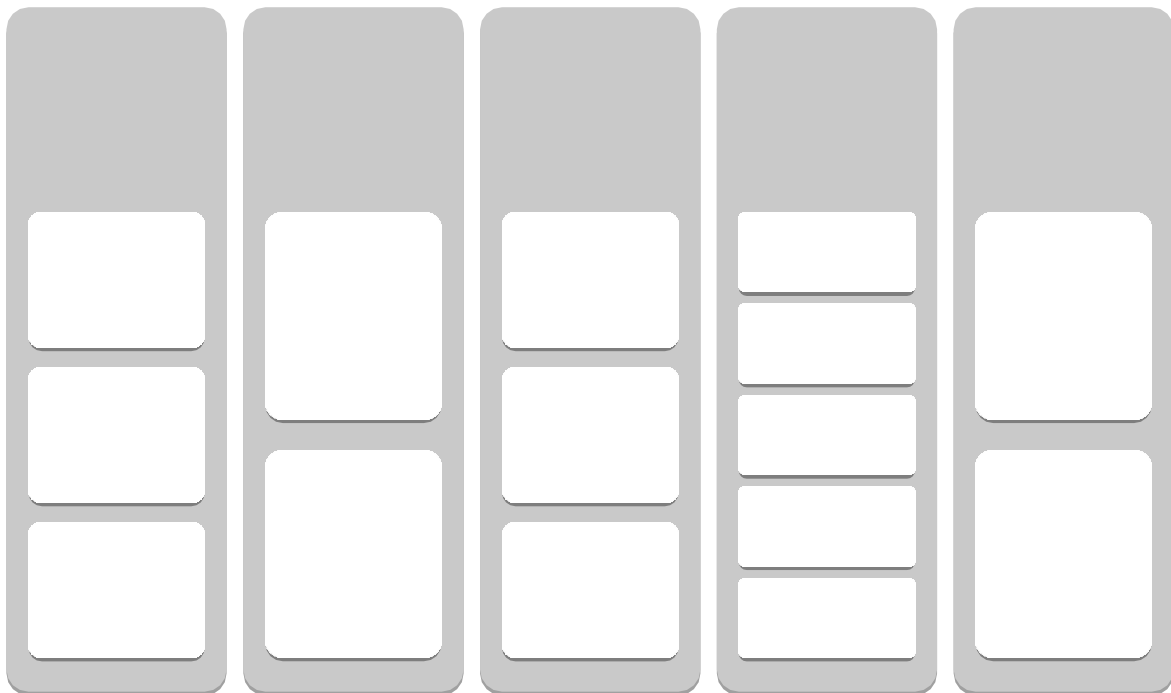


Figura 1 Dimensiones a relevar en el DII

La relevancia de este primer paso se comprende cuando se comienza por lo básico de todo proceso de investigación, el relevamiento de datos: ¿dónde y cómo se encuentra almacenada la información? En la búsqueda de la respuesta de este primer interrogante, se comprendió que, si bien los datos pueden estar a disposición dentro de las distintas áreas que componen al DII de la UTN Santa Fe, el formato de presentación, la ubicación de almacenamiento y los mecanismos de manipulación de los datos, carecen de un proceso sistémico que permita, al menos, disponer de la información en forma rápida y precisa.

Partiendo de la estructura antes mencionada, se comenzó la etapa de recolección y análisis de información relacionada con el DII, la UTN Santa Fe y la propia UTN. Con dicha información se propone elaborar un diagnóstico de situación y luego proceder con la elaboración de un mapa de

conocimiento actual del DII, como así también la identificación de variables y aspectos claves para desarrollar el modelo de GC.

2.2. Recolección y Análisis de Datos

A partir del esquema de la Figura 1, el equipo de trabajo comenzó un proceso de acercamiento a la situación del DII en cuanto a la GC, tomando inicialmente como fuentes de información las variables presentadas en la Tabla 2 a continuación, considerando el período actual (año 2019) y 3 años hacia atrás (2016 al 2018):

Tabla 2 Documentos y registros de datos en el DII

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

Una vez analizada dicha información se procederá a indagar en los otros aspectos incluidos en la Figura 1, como es el caso de los servicios tecnológicos llevados adelante en el ámbito del DII. Para ello se prevé realizar entrevistas con los docentes e investigadores, el personal de gestión de las Secretarías Académicas, de Ciencia y Tecnología, y de Extensión Universitaria, entre otras actividades.

Un aspecto que surge a partir de este trabajo, al indagar sobre distintos procesos que se llevan adelante, es la dificultad que existe para recopilar y unificar datos. Por un lado, existe una multiplicidad de actores y áreas, hacia adentro y hacia afuera del DII, que requieren, suministran o intercambian datos puntuales, a partir de necesidades específicas de cada sector. Esto se da por medio de una gran variedad de canales de comunicación, formatos y tiempos de proceso.

Con relación al Plan de Estudio, la carrera se estructura en Áreas de Conocimiento, distribuidas según se observa en la Figura 2.

Materias según Áreas de Conocimiento

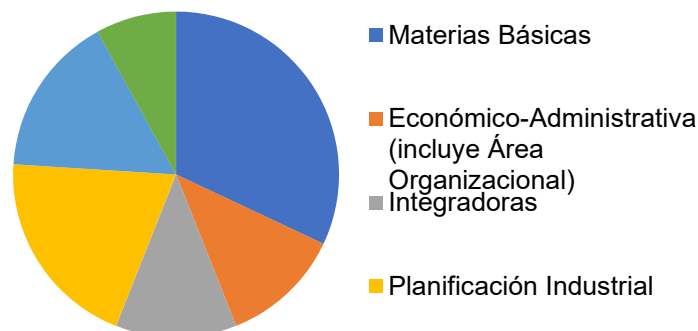


Figura 2 Porcentajes de materias por áreas de conocimiento

Un aspecto importante a considerar con relación a las Áreas de Conocimiento es que las asignaturas correspondientes a Materias Básicas se llevan adelante en el marco del Departamento Materias Básicas, con asignaturas que son transversales a todos los Departamentos de Especialidad. El resto de las áreas al pertenecen al ámbito del DII. Esta información es relevante ya que implica coordinar actividades entre ambos Departamentos, con la complejidad que esto implica.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

A los fines del presente trabajo, se profundiza en la información relacionada con la función Investigación.

A partir del procesamiento inicial de datos se comenzaron a esbozar algunas relaciones entre actores, áreas de conocimiento, proyectos de investigación y sus temáticas abordadas. A continuación, se exponen una serie de resultados parciales.

En los últimos 4 años (año 2016 a la fecha) se han ejecutado 20 proyectos de investigación en el marco de los Programas de Investigación de la Universidad Tecnológica Nacional, con una duración entre los 12 a 48 meses.

La Figura 3 muestra año a año la cantidad de PID en ejecución durante el período bajo estudio considerando los distintos estadios de desarrollo, es decir: que comienzan ese año, que se encuentran en ejecución y que finalizan en dicho año. Se incluyen tanto los PID dentro del Programa de Incentivos como los PID sin incentivos. El Programa de Incentivos se instrumenta por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación, a través de las Secretarías de Ciencia y Técnica de las Universidades Nacionales, los PID fuera de dicho programa son los que se ejecutan exclusivamente gestionados por la UTN.

Por ejemplo, tomando como caso de análisis el año 2016 fueron ejecutados un total 11 proyectos, 9 en incentivos y 2 sin incentivos, tomando en cuenta los PID en sus diferentes estadios de desarrollo (inicio, en ejecución y finalizados a lo largo del año).

Algunos proyectos del año 2016 continúan en ejecución (con una duración de más de 12 meses) de esta forma dichos PID sumados a los iniciados en el 2017, totalizan los 10 proyectos de ese año, tal como se observa en la Figura 3.

En un 50% de los casos los proyectos tienden a ejecutarse en un plazo de 24 meses, seguido por un 20% dentro de los 18 meses, en un 15% dentro de los 48 meses, un 10 % se extienden 36 meses, y finalmente, en un 5% se ejecutan dentro de los 12 meses de trabajo.

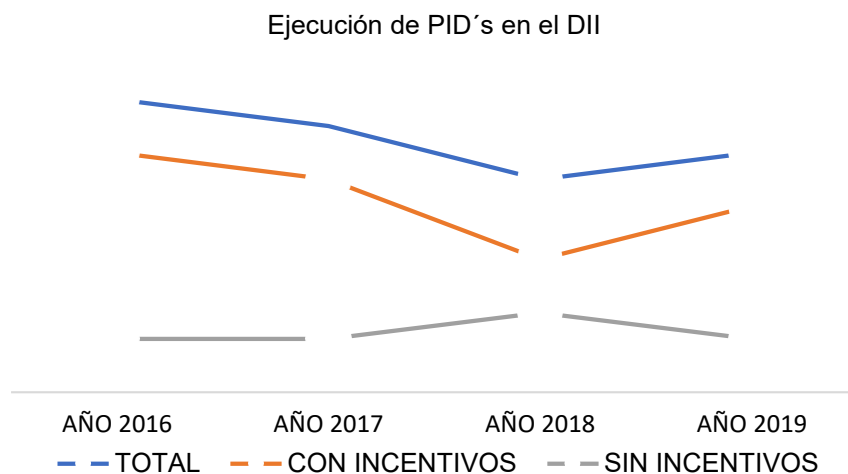


Figura 1 Ejecución de proyectos de investigación dentro del DII

Del análisis de los proyectos de investigación se logra identificar a las unidades ejecutoras de los proyectos, brindando información sobre los actores involucrados y las temáticas estudiadas. Resulta de especial interés que en el 45% de los casos, los proyectos de investigación no se enmarcan dentro de un Grupo o Laboratorio, sino que se desarrollan directamente en el marco del DII, dado que son realizados en forma independiente por distintos docentes de la carrera, quienes no integran formalmente grupos de investigación.

El 35% de los PID realizados entre el 2016 y la actualidad fueron llevados adelante por el CETRAM, Grupo Científico de Estudios de Transporte y Accidentología y Movilidad. El GEMPRO, Grupo de Estudio para la Mejora de Procesos Organizacionales ejecutó el 15% de los PID y el 5% restante corresponde al LAMTER, Laboratorio de Análisis de Métodos, Tiempos y Ergonomía.

Unidades ejecutoras de PID's

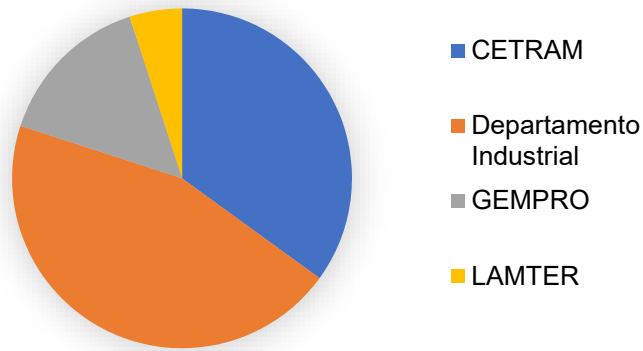


Figura 2 Unidades ejecutoras de proyectos de investigación

Otro aspecto importante que surge como resultado de este trabajo, es la identificación de los proyectos de acuerdo a las áreas temáticas abordadas. Para realizar este análisis se tomaron los PID de los últimos 4 años, y se relacionaron los temas abordados con los contenidos de las materias del plan de estudio de la carrera vistas en la Figura 2.

El área Económico-Administrativa concentra un 35% de los temas abordados, seguido en un 30% por Planificación Industrial.

Proyectos de Investigación según Áreas de Conocimiento del Plan de Estudio de la Carrera Ingeniería Industrial

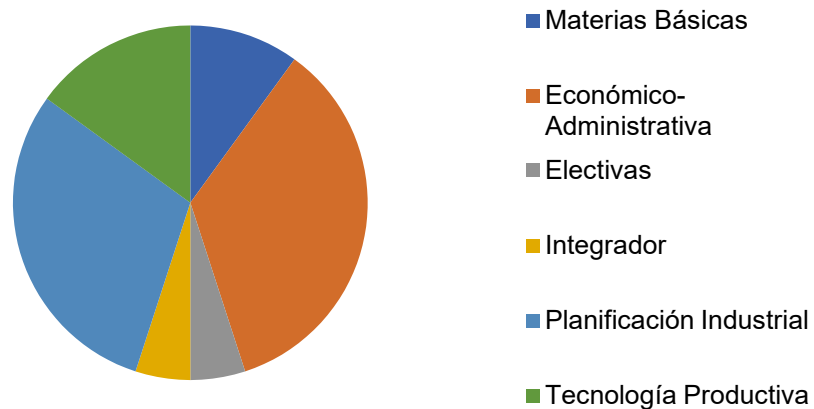


Figura 3 Proyectos de investigación por área de conocimiento según el plan de estudio.

En cuanto a la Planta Docente, la Figura 6 muestra la formación de los docentes del DII, tanto de Profesiones como de Ayudante de cátedras. En particular, es importante destacar que más del 40% de la planta docente posee formación de posgrado y un aspecto a resaltar es que más del 35 % de los docentes del DII son Ingenieros Industriales en su formación de grado.

Formación de los Docentes del DII

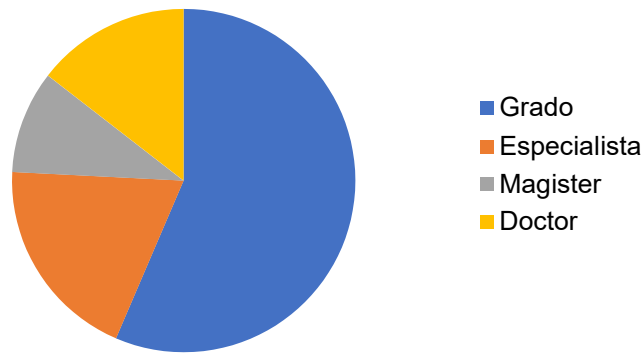


Figura 4 Formación de los docentes del DII

La información analizada en el presente apartado permite identificar Agentes (docentes investigadores) que poseen conocimientos en una temática específica (Objeto, conocimiento a ser transferido). Se continúa profundizando en los proyectos de investigación a fin relevar información acerca de los resultados alcanzados, aspecto que en muchos casos no está claramente especificado en la documentación y que requiere de la realización de entrevistas con los investigadores involucrados.

4. APORTES Y CONCLUSIONES SOBRE EL PROYECTO EN CURSO

El relevamiento y análisis de datos realizado hasta el momento en el presente proyecto, representa el inicio de un largo camino de trabajo.

El grupo de trabajo continúa analizando procesos y circuitos de información de las funciones Docencia, Investigación y Extensión. Una vez finalizado el eje Investigación, se avanza en las actividades de vinculación y transferencia tecnológica, relevando los aspectos relacionados con los desarrollos y los servicios tecnológicos realizados, esto incluye convenios con terceros, equipos de trabajos involucrados, beneficiarios y destinatarios de los proyectos, entre otros.

Por otro lado, como resultado del proyecto, se identificó la necesidad de generar mayor cantidad de información que permita mejorar los procesos, tal es el caso de los Proyectos Finales de Carrera. Es importante mencionar que el equipo de gestión del DII ya ha tomado la iniciativa de realizar un relevamiento de los PFC en profundidad, haciendo hincapié en la temática seleccionada, la empresa u organismo para el cual se desarrolló, datos del profesional que dirigió el trabajo, por mencionar algunos de los puntos a analizar. Se considera que esta información aporta datos valiosos para continuar con el proceso de análisis de cómo se genera, transmite y aplica el conocimiento en el DII. Es importante destacar que, a partir de la información obtenida al momento, y de los primeros entrecruzamientos de datos se comenzó a reconocer a distintos agentes, espacios y temáticas de conocimiento involucrados en el DII.

En cuanto al estado de avance del trabajo, se continúa relevando datos y procesando información, insumos necesarios para completar un primer mapa de gestión del conocimiento. Esto se considera clave para abordar distintos enfoques de diagnóstico de los procesos del DII. Esta etapa se considera de gran importancia para el proyecto, ya que a medida que se avanza se identifican las diferentes dimensiones planteadas en la Figura 1, se reconocen las potencialidades y debilidades y se elaboran recomendaciones y sugerencias para los diferentes procesos de GC y se comienza a trabajar en el propio modelo del DII.

A partir de la elaboración del diagnóstico de situación y del mapa de conocimiento actual, se podrá trabajar en la articulación organizada de las funciones de docencia, investigación y extensión, promoviendo un desarrollo planificado de la GC en el DII.

En particular, el presente trabajo deja como aprendizaje a sus autores, que existe una compleja red de actores y procesos con los cual se genera y transmite el conocimiento dentro del DII de la UTN Santa Fe, que es importante conocer esa realidad, estudiarla, analizarla y proponer metodologías que redunden en una mejora continua del proceso de GC en dicho Departamento.

Se considera que este proyecto genera las bases para desarrollar metodologías que permitan, focalizar esfuerzos y recursos en áreas del conocimiento de interés para el DII, gestionar servicios tecnológicos transferibles y capacidades, identificar actores claves, potenciar el conocimiento actual,

desarrollar nuevas áreas estratégicas (o de vacancia) y nuevas líneas de I+D tecnológico con impacto social.

Asimismo, el proyecto de investigación constituye un punto de partida para continuar estudiando la aplicación de la GC en el ámbito de las IES. Es necesario que se reconozca que son organizaciones generadoras de conocimiento y agentes de transferencia, valorando el saber hacer de sus integrantes y colaboradores y empleando estrategias y metodologías de GC que les permita identificarlo y capturarlo, almacenarlo, difundirlo, compartirlo y aplicarlo tanto hacia el interior como el exterior de la IES.

5. REFERENCIAS.

- [1] Daft, Richard L. (2010). *Teoría y Diseño Organizacional*. México. Décima Edición. Director editorial y de producción Centroamérica Raúl D. Zendejas Espejel.
- [2] Petrova, G. I, Smokotin, V. M., Kornienko, A. A., Ershova, I. A., Kachalov, N. A. (2015) "Knowledge Management as a Strategy for the Administration of Education". *Research University en Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 166. pp.451 -455. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814066907>.
- [3] Napoli, Fernando. Avila, Carolina. (2010). *Introducción a la Ingeniería y sociedad*. 1era edición. Ed. Mc Graw Hill.
- [4] Manes, Facundo. (2019). *Decir Presente Hacer Futuro. La Revolución del Conocimiento como Motor del proyecto Argentino*. Argentina. 1era Edición. Ed. Planeta.
- [5] Bedoya Dorado, Cristian. (2015). "Gestión del conocimiento en el tercer sector: de la competitividad a la eficiencia organizacional". *Entramado*. 11. 2. pp 94-111. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n2.22224>
- [6] Avendaño Pérez, Víctor. Flores Urbáez, Matilde. (2016). "Modelos teóricos de gestión del conocimiento: descriptores, conceptualizaciones y enfoques". *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*. 4. 10. pp 201-227 [en línea]: Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457646537004>>
- [7] Davenport, Thomas. Prusak, Laurence. (1998). *Working Knowledge: how organisations manage what they know*. Boston. Harvard University Press.
- [8] European Guide Practice in Knowledge Management (2008).
- [9] Universidad Nacional del Litoral y Universidad Politécnica de Valencia (2017). Informe final: Estrategias de marketing aplicadas a servicios tecnológicos y resultados generados en instituciones de I+D. Argentina. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Presidencia de la Nación. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/estrategias-de-marketing-informe-final-julio-2017>
- [10] Castellaro, Marta. Zanitti, Laura (2017). "Las estructuras de interfaz universitarias para la vinculación: gestión e indicadores". En, *Codner, D. y Garrido, C. (Coords). Consolidando acciones cooperativas para la relación de las Universidades con el mundo productivo en el espacio ALCUE*. pp. 65-77. Ciudad de México. Red Universidad-Empresa ALCUE - UDUAL.
- [11] Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory, School of Public Policy, Georgia Tech, Research Policy. Atlanta. 29. pp. 627-655.
- [12] Alexander, Allen. Martin, Dominique (2013). "Intermediaries for open innovation: A competence-based comparison of knowledge transfer offices practices". *Technological Forecasting & Social Change*. 80. pp. 38- 49.

Grado de inserción de la calidad en las industrias del partido de Avellaneda

Lucas G. Giménez (1º Autor)*; Adriana B. García; Graciela A. Martínez; Lucas Bada; Julián Vela; Victoria Senia; Rocío Iglesias; Milagros Ferraresi; Demian D. Palumbo.

(1º Autor)* *Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.*
1874. lucas.gabriel.gimenez@gmail.com

RESUMEN

El Grupo de investigación UTN "Calidad para la Producción y los Servicios" - Ca.Pro.Ser. trabaja desde el año 2010 en el campo de las Tecnologías de las Organizaciones, específicamente en la temática de la Gestión de la Calidad aplicada a la producción y los servicios. En el año 2013 nos hemos planteado el interrogante de qué nuevas ingenierías serían necesarias en el futuro. Hablamos de ingenierías de las que probablemente hoy en día ni siquiera sabemos el nombre. Para ello, consideramos necesario realizar un relevamiento de las ingenierías que se dictan en las distintas regiones del país y compararlos con las cadenas de valor que en ellas existen. En tal sentido, se planteó la necesidad de generar una investigación que derivara en un observatorio enfocado en el desarrollo productivo. Desde un principio se definieron las cadenas de valor como objeto de estudio. El proyecto integró ocho Facultades Regionales de UTN a lo largo del país, se denominó "Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo". Estas investigaciones derivaron en la necesidad de realizar un estudio sobre el grado de inserción de la calidad en la producción y los servicios, por lo cual se inició la Fase III. El proyecto integrador es liderado por la Facultad Regional Avellaneda con la participación de otras Regionales del país. En este trabajo se expone el estado de avance de la investigación para un grupo de industrias del partido de Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: Observatorio; Monitoreo; Calidad; Producción y Servicios.

ABSTRACT

The UTN Research Group "Calidad para la Producción y los Servicios" - Ca.Pro.Ser. has been working since 2010 in the field of Organizational Technologies, specifically in the area of Quality Management applied to production and services. In 2013 we have raised the question of what new engineering will be necessary in the future. We talk about engineering that we probably don't even know the name today. For this, we consider it necessary to carry out a survey of the engineering that is dictated in the different regions of the country and compare them with the value chains that exist in them. In this regard, the need to generate research that resulted in an observatory focused on productive development was raised. From the beginning, value chains were defined as the object of study. The project integrated eight UTN Regional Faculties throughout the country, it was called "Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo". These investigations derived from the need to carry out a study on the degree of insertion of quality in production and services, for which Phase III began. The integrating project is led by the Avellaneda Regional Faculty with the participation of other Regions of the country. In this work the state of progress of the investigation for a group of industries of Avellaneda, Buenos Aires, Argentina is exposed.

1. INTRODUCCIÓN

El grupo UTN Ca. Pro Ser. viene desarrollando un Modelo de Observatorio desde el año 2013, el cual incluyó distintas etapas desde su inicio [1,2]. Se ha ido complejizando el Modelo hasta llegar al día de hoy con un análisis completo del grado de inserción de la calidad en industrias de distintas cadenas de valor. El trabajo permitió encuestar entre la Fase I y II a 148 empresas distribuidas en distintas Regiones de nuestro país. [3]

A su vez se generó un Manual de Gestión que permitirá implementar, en el futuro, un Observatorio. En la fase dos del proyecto en particular se desarrolló una base de datos de oferta académica de la UTN. La misma contiene más de 1300 campos con información de todas las Facultades Regionales del País. [4]

La investigación se dividió en etapas, desarrolladas en el marco de tres Proyectos Integradores:

- “Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo” (Enero 2013- Diciembre 2015)
- “Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo- Fase II” (Enero 2016- Diciembre 2017)
- “Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo - Fase III. Monitoreo de la Calidad en la Producción y los Servicios”. (Enero 2018- Diciembre 2019)

Dado el alcance de este proyecto en distintas regiones del país, es de interés para nuestra investigación no solo sectorizar los resultados a un área específica, sino que es fundamental su comparación con las realidades en otras regiones y cadenas de valor. Por lo tanto es importante poder contar con una herramienta que permita realizar además del análisis sectorizado, un análisis conjunto con los datos provistos por las otra Facultades Regionales que integran el proyecto. Para ello se desarrolló en esta etapa una base de datos para la carga y posterior análisis diseñada para este fin que permita entrecruzamiento de datos y un análisis conjunto de toda la información obtenida desde el 2013.

2. ESTADO DE AVANCE

Las investigaciones previas del Grupo UTN Ca. Pro. Ser., en cuanto a la modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo, crearon un marco para el desarrollo de ésta tercera fase del proyecto, en el cual se incluyen muchas de las temáticas abarcadas por los anteriores proyectos como son:

- Rubro/Actividad Principal/Sector.
- Perfil y grado de capacitación en los empleados.
- Perspectivas a Futuro de Perfiles de RRHH en la empresa.

Pero en éste caso se enfoca particularmente en el grado de inserción de la calidad en empresas radicadas en el partido de Avellaneda.

En efecto la investigación da inicio analizando cuales son las actividades y metodologías prioritarias en una empresa para poder garantizar productos y servicios de calidad a sus clientes. Dichas actividades y metodologías son las que posteriormente fueron incluidas en forma de consulta en una encuesta.

La encuesta desarrollada incluye más de 20 ítems de temáticas relacionadas con la calidad, entre los cuales profundizamos en:

- Gestión de la calidad
- Control de calidad
- Normas de calidad
- Herramientas de calidad
- Metodologías
- Grado de implementación
- Perspectiva a futuro

La encuesta se acordó en conjunto con el resto de Facultades Regionales participantes de la investigación y en total incluyó 41 preguntas.

Acciones Relativas a la Calidad

Gestión de la Calidad

18. ¿Realiza acciones relativas a la calidad de sus productos, procesos o servicios? *

Marca solo un óvalo.

- Sí Pasa a la pregunta 19.
 No Pasa a "Perspectiva a Futuro."

Acciones de Control de Calidad

19. ¿Qué controla? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Producto
 Proceso
 Servicios
 Otro: _____

20. ¿Qué tipo de actividades de control aplica? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Inspección
 Control de Calidad
 Gestión de la Calidad
 Gestión Total de la Calidad (Excelencia)
 Evaluación de la Conformidad
 Auditoria Interna/Externa
 Otro: _____

21. ¿Implementó normas de calidad? *

Marca solo un óvalo.

- Sí Pasa a la pregunta 22.
 No Pasa a la pregunta 27.

Figura 1 Modelo de encuesta utilizado para realizar en forma personal.

La encuesta por otra parte fue desarrollada para que su carga posibilite realizarse tanto en forma personal como On-Line, y de este modo poder acceder a empresas que de otro modo se vería prácticamente imposibilitado.

Entonces el modelo se realizó en Google Forms, plataforma que permite la creación de encuestas y su posterior envío para ser completada de forma remota. Pero dada algunas limitaciones que presenta dicha plataforma fue necesario readaptar detalles de algunas de las preguntas para que sean similares al modelo previamente desarrollado.

Sistemas de Gestión de Calidad

Descripción (opcional)

¿Qué normas implementó?

	Parcial	Total	Certificada
Norma ISO 9001	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Norma ISO 14000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Norma Especifica del Sector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otra Norma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Especifique si corresponde del punto anterior: Normas, Año de Obtención y Último Año de Re-Certificación

Texto de respuesta larga

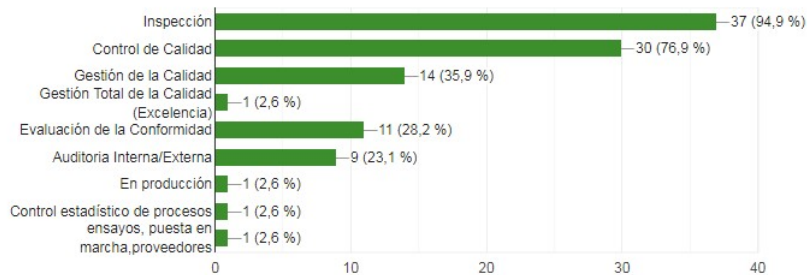
Figura 2 Modelo de encuesta utilizado para realizar en forma On-Line.

El haber elaborado la encuesta de este modo permite un análisis casi instantáneo de las respuestas obtenidas como se puede ver en la Figura 3, pero no con la profundidad deseada.

Google Forms presenta los resultados en forma de resumen, algo que resulta de mucha utilidad para un primer análisis, observando niveles de respuesta en cada ítem de la encuesta. Pero este análisis por defecto queda acotado a esta única función siendo un limitante para un análisis de mayor profundidad como el pretendido en este proyecto.

¿Qué tipo de actividades de control aplica?

39 respuestas



¿Implementó normas de calidad?

39 respuestas

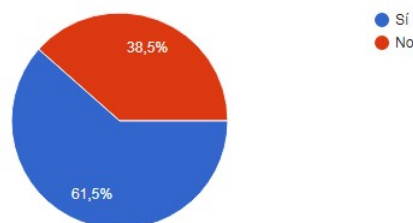


Figura 3 Ejemplo de análisis posibilitado por Google Forms.



Es por ello que la información obtenida, tanto en forma personal como On-Line, son volcadas en una base de datos desarrollada en Excel que permita su análisis de forma dinámica, permitiendo interrelacionar información de distinta índole según necesidades y lo más importante facilitar el análisis conjunto de información proveniente de las otras Facultades Regionales integrantes del proyecto de investigación.

En cuanto al diseño del modelo de carga, se contempló que el mismo atienda a la necesidad de facilitar su carga y posterior análisis con datos estandarizados. Además de ser introducidos en formato de tabla para su actualización permanente. En la figura 4 se puede ver el modelo de carga utilizado.

¿Qué controla?	¿Qué tipo de actividades de control aplica?	¿Implementó normas de calidad?	¿Qué normas implementó?
Producto	Inspección;Control de Calidad;Evaluación de la Conformidad	Si	ISO 9001
Producto;Proceso;Servicio	Inspección;Gestión Total de la Calidad	Si	ISO 9001,ISO 14000;Norma Especifica del Sector
Producto;Proceso	Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad;Evaluación de la Conformidad	No	
Proceso	Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad	Si	ISO 9001;ISO 14000; Otra Norma
Producto;Proceso	Inspección;Control de Calidad	No	
Proceso	Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad	Si	ISO 9001
Producto;Proceso;Servicio	Inspección;Gestión de la Calidad;Evaluación de la Conformidad	Si	ISO 9001
Proceso;Servicio	Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad;Auditoria Interna/Externa	Si	ISO 9001;ISO 14000

Figura 4 *Tabla de carga de datos.*

Una vez fue estandarizada toda la información y cargada en la tabla se procedió a su análisis que por el momento solo incluye las encuestas realizadas dentro del Partido de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires.

Con respecto a la muestra de estudio, en el Partido de Avellaneda se seleccionó como cadena de valor prioritaria, la de empresas metalmecánicas, por su importancia a nivel local. El universo incluye un total de 175 empresas. De estas 175 empresas metalmecánicas, obtuvimos una tasa de respuesta del 60%, correspondiente a 105 industrias del total de empresas objetivo de nuestro estudio.

Con las encuestas ya finalizadas y almacenadas en la base de datos, el análisis continuó utilizando tablas dinámicas, para interrelacionar datos de interés.

¿Qué tipo de actividades de control aplica?	
Año Encuesta	(Todas)
Etiquetas de fila	Cuenta de Numero de Referencia Empresa
Inspección	2
Inspección;Gestión Total de la Calidad	1
Inspección;Gestión de la Calidad;Evaluación de la Conformidad	1
Inspección;Control de Calidad;Evaluación de la Conformidad	2
Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad;Evaluación de la Conformidad	1
Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad	3
Inspección;Control de Calidad	1
Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad;Auditoria Interna/Externa	3
Inspección;Control de Calidad;Evaluación de la Conformidad;Auditoria Interna/Externa	1
Inspección;Control de Calidad;Gestión de la Calidad;Gestión Total de la Calidad;Evaluación de la Conformidad	1
(en blanco)	2
Total general	18

Figura 5 *Tabla dinámica utilizada para el análisis.*

Habiendo realizado las tablas dinámicas, creamos sus correspondientes gráficos dinámicos que permitan un control actualizado y automático de la información que se vaya incluyendo en la base de datos.

Como ejemplo del análisis realizado y primeras conclusiones de nuestro trabajo a continuación presentamos una serie de gráficos que muestran distintas realidades del sector en cuanto al grado de inserción de la calidad.

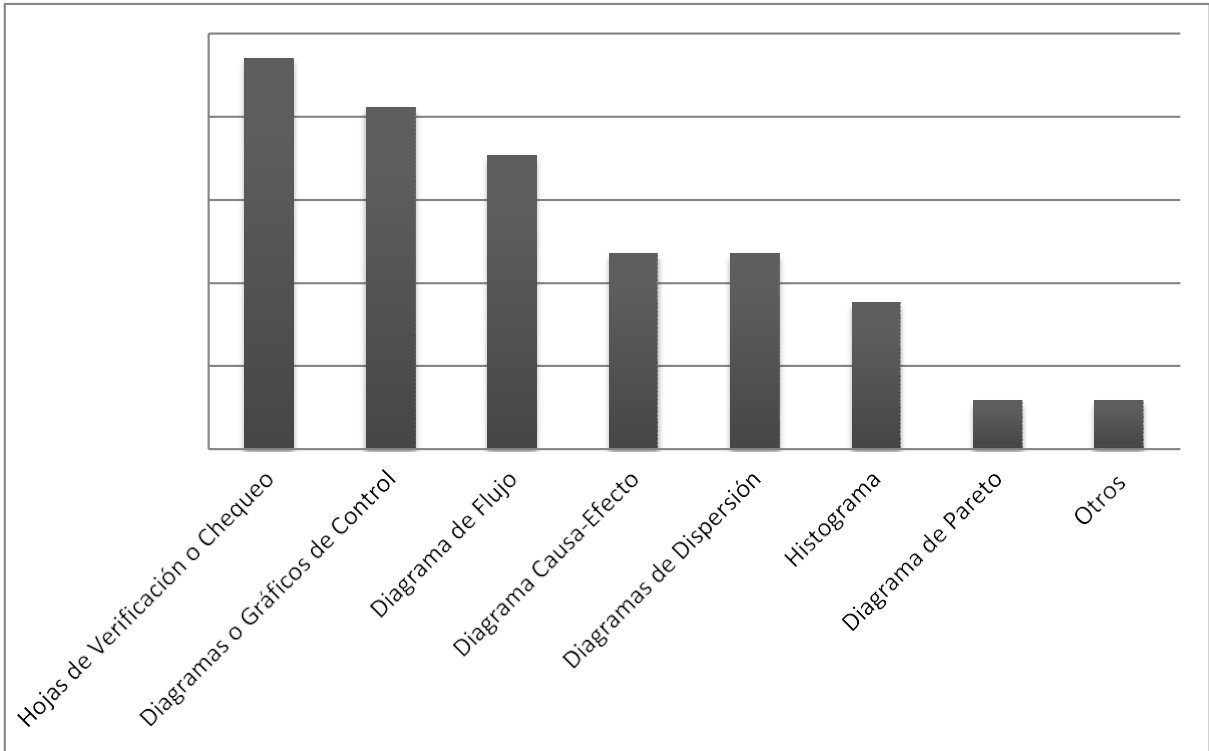


Figura 6 Herramientas utilizadas para el control de calidad.

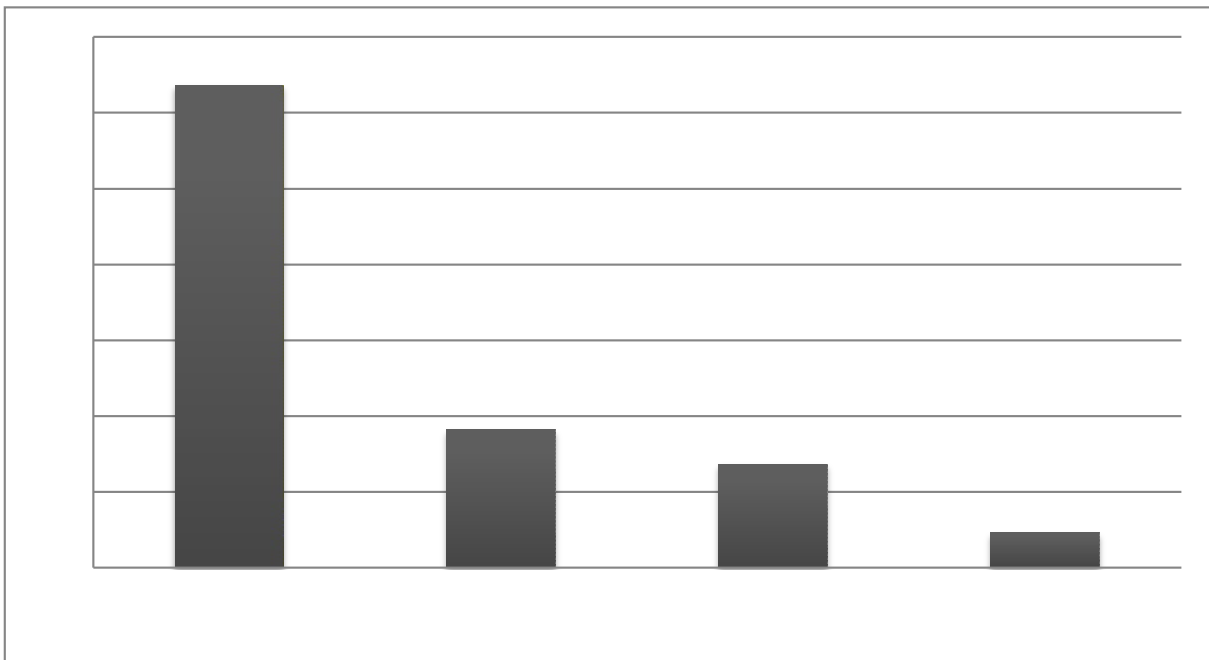


Figura 7 Metodologías aplicadas por las empresas.



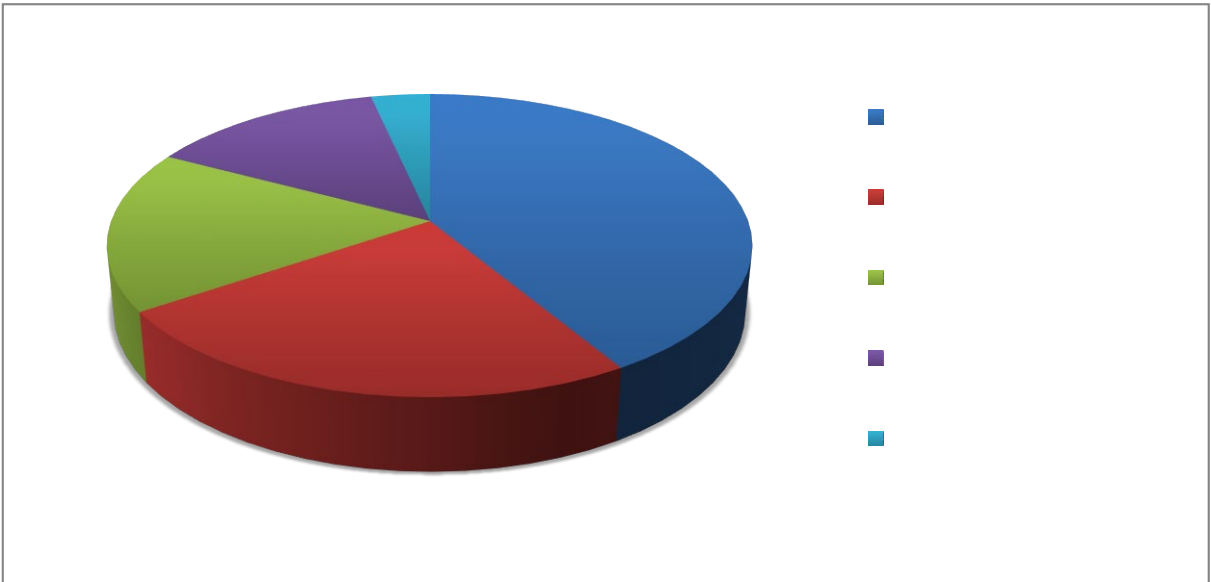


Figura 8 *Beneficios generados a la empresa.*

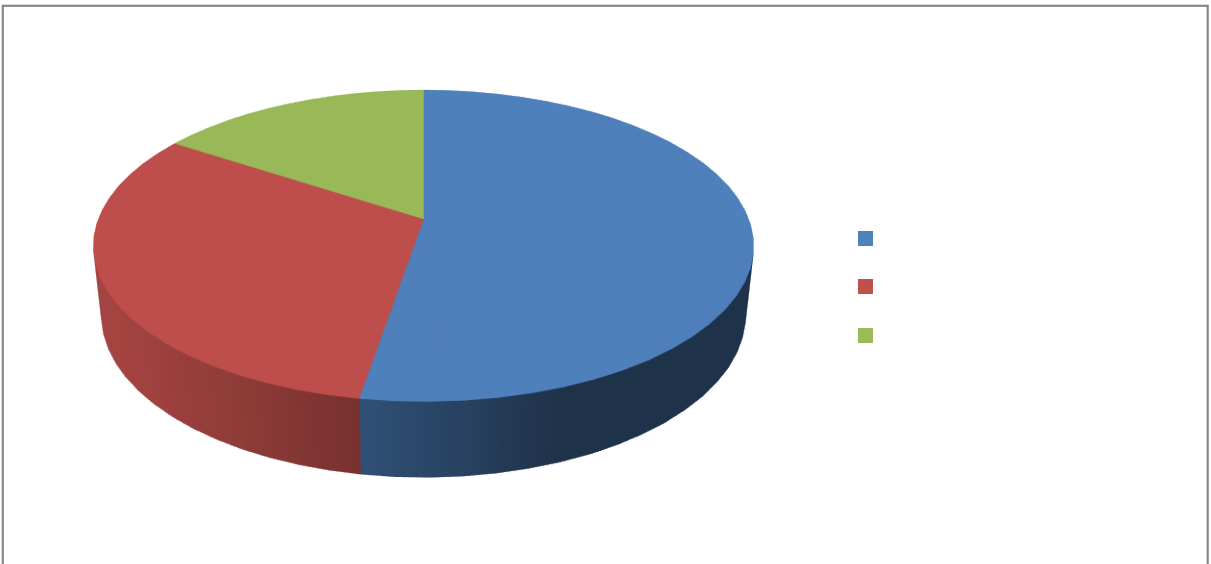


Figura 9 *Tipo de normas utilizadas.*

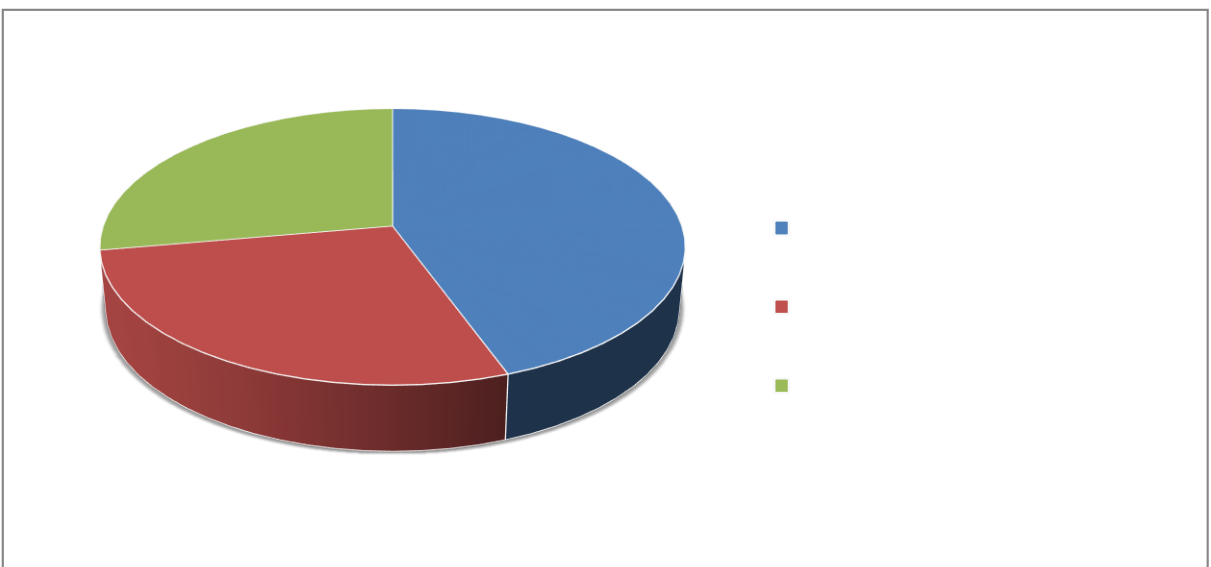


Figura 10 *Cantidad de Normas de Calidad que utilizan las empresas.*



3. CONCLUSIONES

Las encuestas se realizaron según lo previsto salvo algunas dificultades que obligaron a realizar algunas vía telefónica, por lo general esto se debió a problemas de organización interna de la empresa y prefirieron realizarlo de ésta forma.

En cuanto a los resultados, los mismos estarán completos cuando se pueda realizar la unión de datos con lo relevado por las otras Facultades Regionales enriqueciendo el análisis con la realidad de otras cadenas de valor del país.

De lo observado con el análisis a nivel local, podemos concluir, a modo de resumen, que del total de empresas encuestadas aproximadamente el 90% realizan acciones relativas a la calidad en sus productos, procesos o servicios. Por otro lado que el conocimiento de herramientas o metodologías se ve reducido por lo general a un manual de procedimientos y hojas de verificación, desconociendo otras alternativas con mayor valor agregado.

En cuanto al nivel de estudio, el dato relevante a nuestro proyecto, solamente el 20% de los trabajadores tienen una formación académica Universitaria o de Posgrado.

4. REFERENCIAS

- [1] Giménez, L.G., García, A.B., Garaventa, L.A., Rapp, C.E., Vela, J.E., Palumbo, D.D. y Giménez, M.F., 2013. *OBSERVATORIO PRODUCTIVO: Red virtuosa entre Universidad, Empresa y Estado, para el desarrollo productivo. RADI Revista Argentina de Ingeniería, pp.69–72.*
- [2] Giménez, L.G., García, A.B., Garaventa, L.A., Rapp, C.E., Vela, J.E., Palumbo, D.D., Giménez, M.F., Senia, V.A. y Iglesias, R.H., 2014. *Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo. Rumbos Tecnológicos.*
- [3] Giménez, L.G., García, A.B., Ferraresi, M.M., Iglesias, R.H., Martínez, G.A., Palumbo, D.D., Senia, V.A. y Vela, J.E., 2016. *Modelo avanzado de un observatorio orientado al desarrollo de los sectores productivos. Aportes desde UTN hacia la sociedad. CADI III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería.*
- [4] Giménez, L.G., García, A.B., Ferraresi, M.M., Iglesias, R.H., Martínez, G.A., Palumbo, D.D., Senia, V.A. y Vela, J.E., 2017. *Observatorio de Desarrollo Productivo UTN. CLADI 1ER. CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA.*

Agradecimientos

Agradecemos a la UTN-FRA por brindar el marco donde desarrollar el proyecto y a los integrantes de los proyectos asociados que con el trabajo conjunto realizado posibilitaron la concreción de los objetivos planteados.

Industria 4.0 y su aplicación a escala regional. Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos.

Blanc, Rafael*; Pietroboni, Rubén Mario; Hegglin, Daniel

**Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.
rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

RESUMEN.

El conjunto de actividades y tecnologías impulsan cambio hacia la industria 4.0. Esta transformación, implica, que una fábrica tenga información instantánea sobre el estado de sus máquinas o que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Para la implementación de estas tecnologías de producción se requiere de un cierto stock de capital humano lo cual lleva a la importancia del análisis del mismo. Los objetivos del estudio son por un lado establecer el grado de implementación de tecnologías 4.0, la calidad y nivel de los recursos humanos y si existe relación entre los recursos humanos que poseen las firmas y el grado de implementación de tecnologías 4.0. El estudio fue realizado sobre el parque industrial de Concepción del Uruguay del cual fueron encuestadas 22 empresas durante el segundo trimestre del año 2019. Se realizó un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación de las industrias del parque. La implementación por parte de las industrias de estas tecnologías en la muestra analizada es heterogénea. Dándose firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados como firmas que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio. Se pretende analizar el estado en cuanto a implementación de tecnologías 4.0, y el nivel de los recursos humanos y las acciones en post de su mejora en el parque industrial de la ciudad de Concepción del Uruguay. Y finalmente, si existe relación entre ambos niveles.

Palabras Claves: Industria 4.0, Competencias, Parque Industrial, Entre Ríos, Recursos Humanos.

ABSTRACT.

The set of activities and technologies drive change towards industry 4.0. This transformation implies that a factory has instantaneous information about the state of its machines or that a company knows in real time the use that customers make of its services. For the implementation of these production technologies, a certain stock of human capital is required, which leads to the importance of its analysis. The objectives of the study are, on the one hand, to establish the degree of implementation of 4.0 technologies, the quality and level of human resources and whether there is a relationship between the human resources that firms have and the degree of implementation of 4.0 technologies. The study was carried out on the industrial park of Concepción del Uruguay, of which 22 companies were surveyed during the second quarter of 2019. A descriptive analysis was carried out on the technologies implemented related to industry 4.0 in order to achieve a first status of the park industries. The implementation by the industries of these technologies in the sample analyzed is heterogeneous. Given signatures that implement a large number of the items analyzed as signatures that do not have this technological level in any of the study variables. The aim is to analyze the state in terms of the implementation of 4.0 technologies, and the level of human resources and the actions after their improvement in the industrial park of the city of Concepción del Uruguay. And finally, if there is a relationship between both levels.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

Actualmente un conjunto de actividades y tecnologías impulsan cambio hacia la industria 4.0 entre estas: big data, internet de las cosas, robotización, inteligencia artificial, aprendizaje automático e impresión 3D, sensores, realidad virtual y servicios en la nube, y otras. Las mismas, están impactando transversalmente en todos los sectores productivos, cambiando los modelos de producción, gestión y negocio del planeta como sucedió con las tecnologías 3.0. Este fenómeno, marcado por la digitalización y la conectividad, está cambiando la forma de producir, los modelos de negocios, el mercado laboral y las tareas que llevan adelante los trabajadores [1]. Esta transformación, implica, por ejemplo, que una fábrica tenga información instantánea sobre el estado de sus máquinas o que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Este tipo de industria tiene diez principios básicos y que cruzan transversalmente las nuevas tecnologías [2, 3, 4], de los cuales se analizarán cinco en el presente trabajo los cuales se definen como: A) Sistema Cyber Físicos: son integraciones del sistema de software y los procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. El desarrollo de dichos sistemas se caracteriza por tres fases, primera generación incluye tecnologías de identificación como etiquetas RFID y el almacenamiento de datos de los mismos y los análisis deben proporcionarse como un servicio. La segunda está desarrollada en base a sensores y actuadores con un rango limitado de funciones. La tercera generación puede almacenar y analizar datos, están equipados con múltiples sensores y actuadores, y son compatibles con la red. B) Capacidad en tiempo real: para el control de las tareas organizativas es necesario que los datos se recopilen y analicen en tiempo real. El estado de la planta de producción se capta y se analiza permanentemente, por lo cual, la planta puede reaccionar ante una falla o cambios en la demanda en forma ágil. C) Virtualización: es una tecnología que permite la copia del mundo físico en uno digital lo que puede facilitar la realización de escenarios que podrán ser aplicados al diseño de partes, set up de máquinas, niveles de procesamiento, etc. D) Descentralización: la capacidad de los equipos de poder realizar ciertas rutinas en forma autónoma en caso de inconvenientes y la posibilidad de implementar acceder a datos e implementar órdenes de forma remota al proceso. E) Internet de las cosas (IoT): puede ser definido como la capacidad de los productos de almacenar y proveer datos de estado, uso y ubicación al fabricante, además de proveer características remotas al usuario como manejo, informes de estado, entre otros. Para la implementación de estas tecnologías de producción se requiere de un cierto stock de capital humano lo cual lleva a la importancia del análisis del mismo. Desde una perspectiva de las firmas basada en la teoría de recursos y capacidades, y la evolucionista de capacidades dinámicas analizar el papel que ha jugado, el capital humano genérico (presencia graduados universitarios, ingenieros y posgraduados) [5, 6, 7] en la implementación de tecnologías 4.0. El capital humano es relevante para alcanzar Industria 4.0 esto se debe a que la transformación requiere nuevas capacidades, tanto de las personas como de las empresas, necesarias para implementar, mantener y utilizar las nuevas tecnologías digitales. Las fábricas inteligentes y robots autónomos, entre otras tecnologías de Industria 4.0 requieren personal para su programación y para analizar la información que surge de los procesos. La lista de las capacidades que serán más demandadas en los próximos años está liderada, en primer lugar, por la ingeniería y el desarrollo del proceso de producción y, en segundo lugar, por la ciencia de datos, necesaria para poder explotar los datos recabados con tecnologías de Big Data. [8, 9, 10]. Dada la esencia digital de estas tecnologías, el manejo de la información será clave en los próximos años. Por esta razón, en los primeros lugares de esta lista también se encuentran capacidades relacionadas con el uso de datos como analítica avanzada y seguridad de datos, y roles. El aumento del trabajo virtual y los temas de trabajo flexibles también requieren nuevas formas de aprendizaje permanente [11, 12]. Además, los procesos se están volviendo más complejos, lo que conduce a un aumento de empleos con calificaciones más altas y una pérdida de empleos que requieren calificaciones más bajas [9,11]. Por lo tanto, las empresas deben calificar a sus empleados para tareas más estratégicas, de coordinación y creativas con mayores responsabilidades. La importancia de las competencias técnicas (conocimiento de áreas, conocimientos técnicos, manejo de procesos, manejo de medios virtuales, programación y seguridad informática) y competencias metodológicas (creatividad, pensamiento de negocios, resolución de problemas y conflictos, toma de decisiones, investigación y análisis de datos) ira en aumento y será requerido mayores cantidades de capacitaciones tanto por los individuos como por las empresas en estos aspectos. Estos cambios en el modelo de trabajo y en las competencias de los mismos traerán aparejados cambios en las estructuras de las organizaciones pasando de las tradicionales organizaciones piramidales a modelos matriciales, que posean lógicas de proyectos en las cuales los trabajadores puedan responder a más de un líder dando así flexibilidad y dinamismo a la organización, esto llevara a organizaciones planas y de un grado superior de descentralización propiciado por la velocidad de avances del mercado y las nuevas tecnologías de comunicación [9,10]. A continuación, se detalla la metodología que utiliza para llevar a cabo el estudio.

2. METODOLOGIA

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 las industrias de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. Dado que aún no se cuenta con datos primarios de todos los parques evaluados por el proyecto, se realizará un análisis de datos primarios del parque industrial Concepción del Uruguay del cual fueron relevadas veintidós empresas durante el segundo trimestre del año 2019 y datos secundarios aportados por los organismos de la provincia de Entre Ríos, cámaras empresariales, etc. A partir de los mismos, se realizará un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación del parque seleccionado en cuanto al próximo estadio industrial. Los parques seleccionados para el proyecto fueron los siguientes: Paraná, Crespo, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualeguaychú, este trabajo representa el primer avance del proyecto en cuanto a la temática de industria 4.0 y su relación con los recursos humanos existentes en las firmas. El Parque Industrial de Concepción del Uruguay surge en el año 1974 tiene ventajas promocionales como exenciones del 100% por diez años para las empresas que se radiquen en el Parque Industrial. Dicha Ordenanza establece diez años con una exención del 100% en todas las tasas municipales que gravan los actos relacionados con la instalación, construcción y funcionamiento industrial como así también de las que correspondan por inspección sanitaria, higiene, profilaxis, seguridad y la tasa general inmobiliaria. A continuación, en la Tabla 1 se exponen los principales indicadores de la condición del parque industrial

Tabla 1: datos parque industrial Concepción del Uruguay.

Variables parque industrial Concepción del Uruguay	
Superficie total hectáreas	87,9
Lotes	102
Hectáreas ocupadas por la industria	56,9
Hectáreas disponibles para empresas	26
Porcentaje de utilización	67,9%
Cantidad de Firmas (en el parque)	26
Cantidad de empleo directo	716
Servicios que brinda el parque	
Gas, Calles internas y accesos, Sala de usos múltiples, Internet, Áreas Verdes, Energía Eléctrica, Telefonía y Mantenimiento de áreas Comunes	

Fuente: elaboración propia.

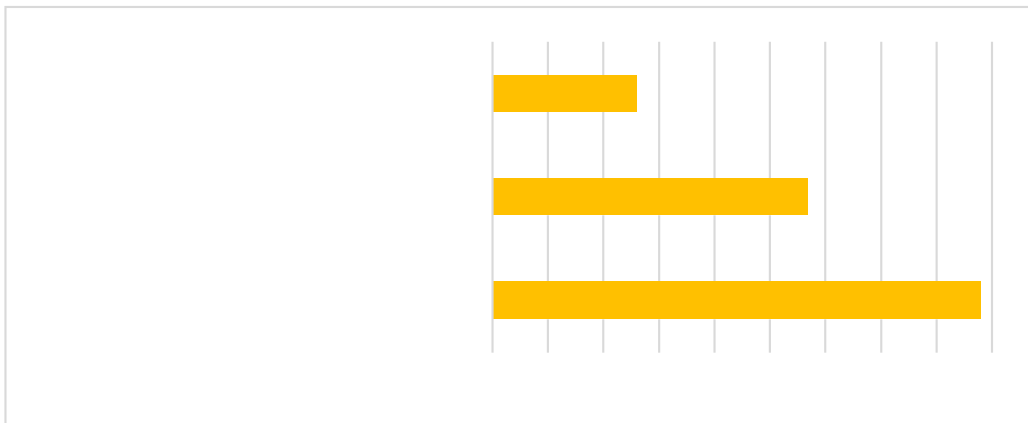


Figura 1 Estado de utilización del área del parque industrial de Concepción del Uruguay

El parque está compuesto por empresas de rubros tradicionales como son: Elaboración de productos alimenticios, Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles, Fabricación de papel y de productos de papel, Fabricación de muebles y colchones, Fabricación de productos minerales no metálicos, Fabricación de productos de caucho y plástico, Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo, Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutica, Fabricación de sustancias y productos químicos y Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques con diferente grado de implementación de tecnologías 4.0 en su modelo de producto y producción. Tal como se explicita en la introducción el objetivo de este trabajo es identificar, en forma exploratoria en qué medida las tecnologías 4.0 se está incorporado en las firmas de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos y si hay o no relación con la formación de los recursos humanos. Con este fin se analizaron las encuestas realizadas a las firmas industriales del parque industrial concepción del Uruguay. De veintiséis se

logró encuestar a veintidós. El formulario único se aplicó encuestador en forma presencial, en las firmas de mayor porte con hubo instancias auto administradas y luego con un chequeo de la información por parte de un encuestador. Se evaluaron componentes del modelo de madurez de las dimensiones: Producto, Operaciones y Tecnología. Y características relacionadas con la industria 4.0 como son: sistemas cyber físicos, análisis en tiempo real, virtualización, descentralización y Orientación al servicio (IoT). A fin de lograr los objetivos del trabajo se realizará una serie de análisis como son tablas de frecuencias, promedios y correlaciones. La conformación de las variables del estudio fueron las siguientes.

VARIABLES DEL ESTUDIO

Industria: 4.0:

A) Sistemas Cyber Físicos.

Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)
MDC recopilación de datos de una máquina
PDA adquisición de datos de producción
M2M Coordinación de equipos de producción a través de red
MES Sistemas de Ejecución de Manufactura

B) Análisis tiempo real

MRP Sistema de planificación de materias primas.
ERP Sistema de planificación de recursos.
Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones.
Herramientas de análisis de datos en la nube.

C) Virtualización

CAD Diseño asistido por computadora.
Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..).
Realidad aumentada.
Simulación de piezas.
Simulación de sistemas de producción o distribución.
BPM Software.

D) Descentralización

Herramientas de análisis de datos en la nube.
Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local.
Acceso a datos a través de telefonía celular.
Modificación de datos a través de telefonía celular.

E) Internet de las cosas (IoT)

Producto almacena datos de uso.
Producto almacena datos de estado y ubicación.
Producto comunica datos de estado y ubicación.
Producto comunica datos de uso.

Recursos Humanos:

F) Cantidad de empleados

Cantidad de empleados.

G) Nivel de formación de los empleados

Técnicos.
Ingenieros.
Otros universitarios.
Posgrado.

H) Acciones en post de desarrollar las capacidades de los recursos humanos y otros

Invierte en capacitación como política de empresa.
Capacitación de personal Interna.
Capacitación de personal externa.
Tiene dificultades para conseguir personal de acuerdo a sus necesidades.
Tiene dificultades para mantener su personal (rotación).
Tiene problemas con el ausentismo de su personal.

A continuación, se presentan los principales análisis y resultados preliminares del estudio.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

Las firmas del parque industrial son de tamaño mediano de acuerdo a su media y la clasificación de la SEPYME¹, por otra parte los máximos y mínimos nos muestran la presencia de micro y grande empresas aunque las mismas no son regla de tamaño del parque.

Tabla 2: Cantidad de empleados.

Tamaño muestra	Mínimo	Media	Máximo
22	2	31,9	170

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

En cuanto a la formación del personal de la empresa (Tabla 3), observando o no la presencia de los mismos, el 60% posee personal de formación técnica, la presencia de ingenieros y otros universitarios supera al 50%. La formación de posgrado es la que muestra mayor nivel de escasez alcanzando el 32% de los casos.

Tabla 3: Nivel de formación de los empleados.

Nivel	Si	No
Técnicos	59,10%	40,90%
Ingenieros	50,00%	50,00%
Otros universitarios	59,10%	40,90%
Posgrado	31,80%	68,20%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

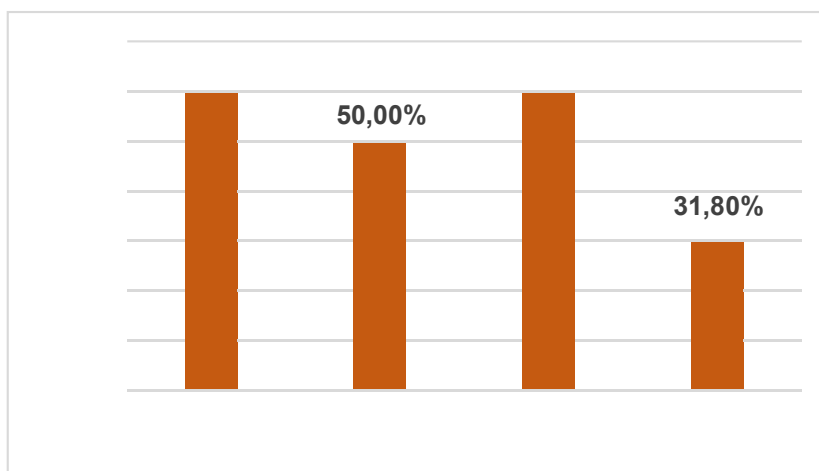


Figura 2 Frecuencia de presencia de profesionales en las firmas analizadas

El 32% de las firmas invierte en capacitación de sus empleados como política de empresa, lo cual puede tomarse como bajo dado que día a día se consolida el modelo de economía basada en conocimiento en el cual uno de sus pilares es la formación de los recursos humanos. Las capacitaciones se dan en nivel similar de formas internas como externas siendo estas últimas levemente más frecuentes. Las temáticas comunes de las capacitaciones son las siguientes: Calidad, Manejo de producto, utilización de equipos, Higiene y seguridad, Sistemas de Gestión ISO, Técnicas, Idioma, Gestión empresarial, Marketing y ventas digitales, pintura, hidráulica, materiales reforzados y nuevos materiales.

Las empresas expresan que tienen dificultades para conseguir personal de acuerdo a sus necesidades en el 60% de los casos, sobre todo a nivel operativo 50% y el nivel técnico 23%, este problema disminuye a nivel administrativo y profesionales donde no alcanza el 5%.

Tabla 4: Acciones en post de desarrollar las capacidades de los recursos humanos y otros.

Variable	Si	No
Invierte en capacitación como política de empresa	31,80%	68,20%
Capacitación de personal Interna	45,50%	54,50%
Capacitación de personal externa	50,00%	50,00%
Dificultades para conseguir personal	59,10%	40,90%
Tiene dificultades para mantener su personal (rotación)	18,20%	81,80%
Tiene problemas con el ausentismo de su personal	9,10%	90,90%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

¹ Resolución (SEPYME) 220/2019, <http://www.cadime.com.ar/index.php/es/noticias-y-novedades/noticias-destacadas/1248-resolucion-sepyme-220-2019-micro-pequenas-y-medianas-empresas-categorias-y-registro-mipyme>

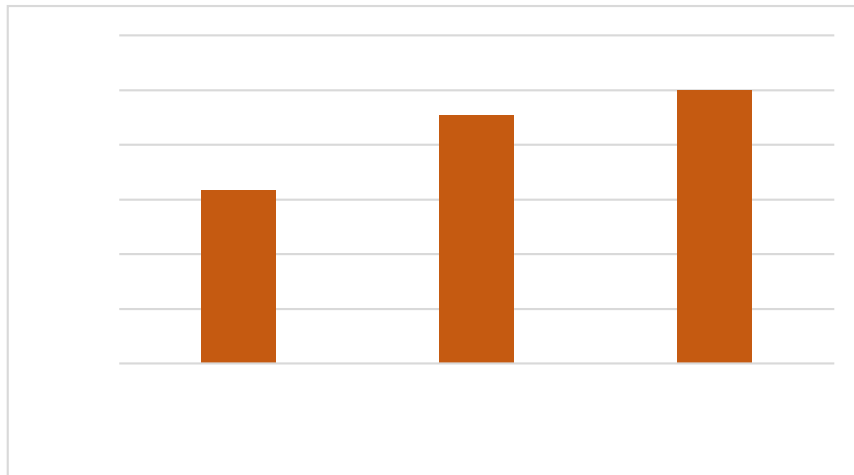


Figura 3 Frecuencia de capacitación de los recursos humanos en las firmas analizadas

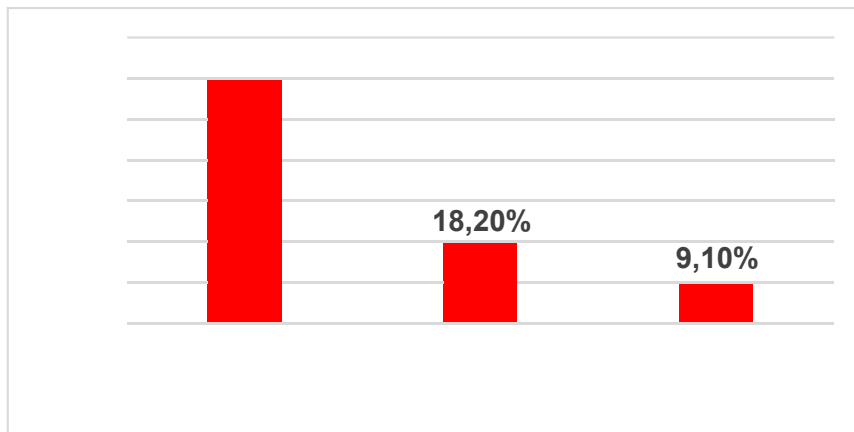


Figura 4 Dificultades para conseguir y mantener a los RR.HH.

De los datos de la Tabla 5 se aprecia la presencia de hardware de control de máquinas para automatizar las mismas, a su vez se evidencia que ese hardware no está utilizado a un nivel superior dado que MDC, PDA y M2M reducen su utilización a 27,3%, 13,6 y 18,2% respectivamente. Otros sistemas de baja implementación son los de identificación de piezas, productos en proceso y terminados Códigos de Barras y RFID.

Tabla 5: resultados dimensión Sistemas Cyber Físicos.

Sistemas Cyber Físicos	Si	No
Códigos de barras (partes y productos terminados)	13,60%	86,40%
Identificación por radiofrecuencia (RFID)	9,10%	90,90%
Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)	50,00%	50,00%
MDC recopilación de datos de una máquina	27,30%	72,70%
PDA adquisición de datos de producción	13,60%	86,40%
M2M Coordinación de equipos de producción a través de red	18,20%	81,80%
MES Sistemas de Ejecución de Manufactura	9,10%	90,90%
Promedio Sistemas Cyber Físicos	20,10%	79,90%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

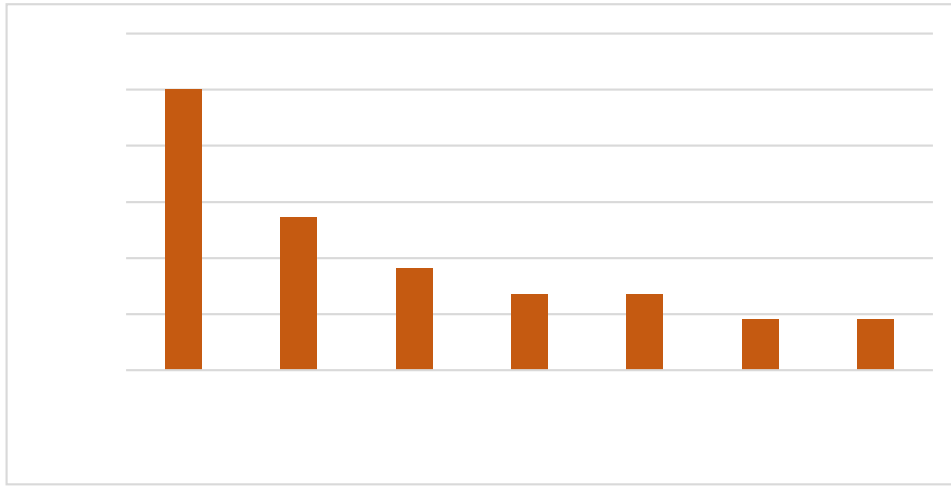


Figura 5 Nivel de implementación de dimensiones Sistema Cyber Físicos.

El análisis de datos de procesos y negocio (Tabla 6) se encuentra presente en promedio en el 17,0%, los softwares para planificación y control de recursos (MRP y ERP) y las rutinas de análisis de datos proporcionados por los mismos se realizan en pocas empresas no alcanzando un tercio de las mismas. Finalmente, pensando en la migración de datos de la firma a servidores externos (Cloud Computing) y su tratamiento vemos que solo el 4,5 de las firmas ocupa este tipo de tecnología.

Tabla 6: resultados dimensión Análisis en tiempo real.

Análisis tiempo real	Si	No
MRP Sistema de planificación de materias primas	27,30%	72,70%
ERP Sistema de planificación de recursos	18,20%	81,80%
Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones	18,20%	81,80%
Herramientas de análisis de datos en la nube	4,50%	95,50%
Promedio Análisis tiempo real	17,00%	83,00%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

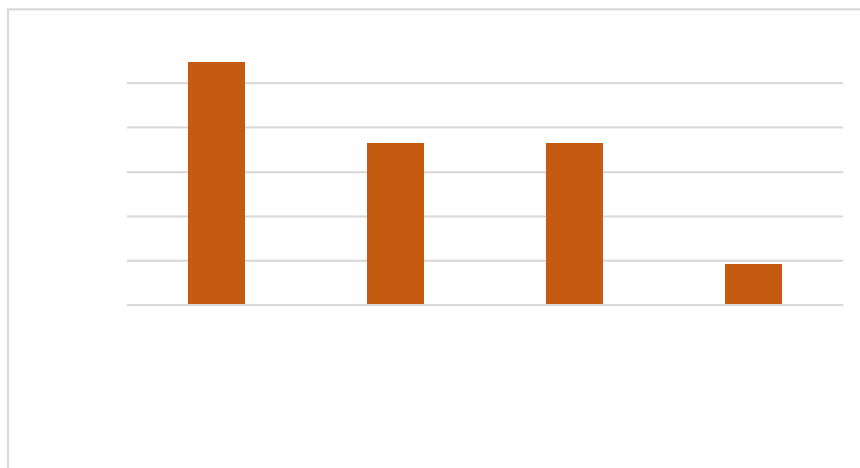


Figura 6 Nivel de implementación de dimensiones Análisis en Tiempo Real.

De la dimensión Virtualización (Tabla 7) se destaca el uso de diseño asistido por computadora con el 40,9% de los casos haciendo uso de estas tecnologías para proporcionarle datos a ciertos tipos de equipos como son pantógrafos, plegadoras y tornos entre otros. Se hace uso de simulación por computadora de piezas en el 18,2%, ya sea para verificar ensambles y movimientos como para simular cargas sobre las mismas. La presencia en procesos o utilización en otras partes del negocio de sistemas de inteligencia artificial es inexistente.



Tabla 7: resultados dimensión Virtualización.

Virtualización	Si	No
CAD Diseño asistido por computadora	40,90%	59,10%
Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..)	0,00%	100,00%
Realidad aumentada	9,10%	90,90%
Simulación de piezas	18,20%	81,80%
Simulación de sistemas de producción o distribución	4,50%	95,50%
BPM Software	4,50%	95,50%
Promedio Virtualización	12,90%	87,10%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

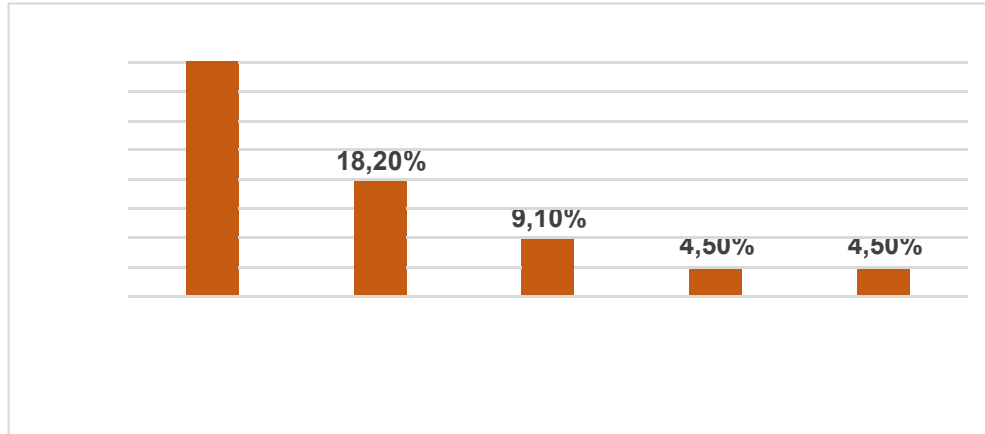


Figura 7 Nivel de implementación de dimensiones Virtualización.

La implementación de tecnologías de Cloud Computing es mínima (4,5%) y el acceso remoto a través de teléfonos móviles es inexistente (Tabla 8).

Tabla 8: resultados dimensión Descentralización.

Descentralización	Si	No
Herramientas de análisis de datos en la nube.	4,50%	95,50%
Programas en la nube como reemplazo del sistema local	4,50%	95,50%
Acceso a datos a través de telefonía celular.	0,00%	100,00%
Modificación de datos a través de telefonía celular.	0,00%	100,00%
Promedio Descentralización	2,30%	97,70%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

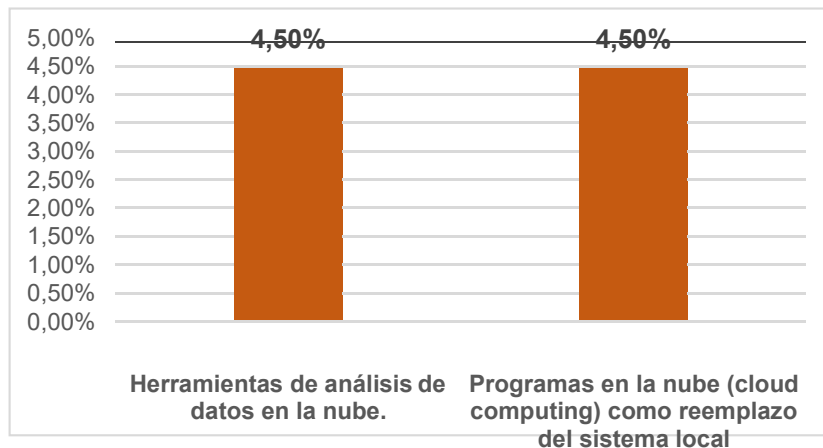


Figura 8 Nivel de implementación de dimensiones Descentralización.

Una tecnología en auge que justifica en gran parte la cuarta revolución industrial es el internet de las cosas (IoT), en cuanto a la muestra analizada se ve que su implementación es casi nula con los mejores resultados en el almacenamiento de datos de uso con el 4,5% y la comunicación de los mismos 4,5%. Por otra parte, se da una ausencia de almacenamiento y comunicación de datos de

estado y ubicación, esto puede deberse los productos que pertenecen a sectores maduros y tradicionales de difícil modernización.

Tabla 9: resultados dimensión Internet de las Cosas.

Internet de las cosas (IoT)	Si	No
Producto almacena datos de uso	4,50%	95,50%
Producto almacena datos de estado y ubicación.	0,00%	100,00%
Producto comunica datos de estado y ubicación.	0,00%	100,00%
Producto comunica datos de uso	4,50%	95,50%
Internet de las cosas (IoT)	2,30%	97,70%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

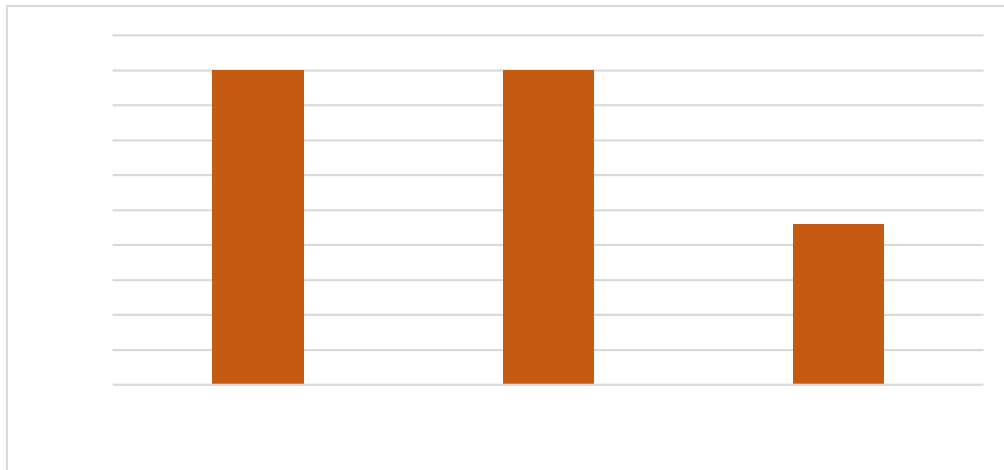


Figura 9 Nivel de implementación de dimensiones Descentralización.

En la Figura 10 se presenta el resumen de las dimensiones analizadas, siendo las de mayor implementación Sistemas Cyber Físicos, Análisis tiempo real y Promedio Virtualización, y hay una ausencia de implementación de otras dimensiones Descentralización y Internet de las cosas (IoT).

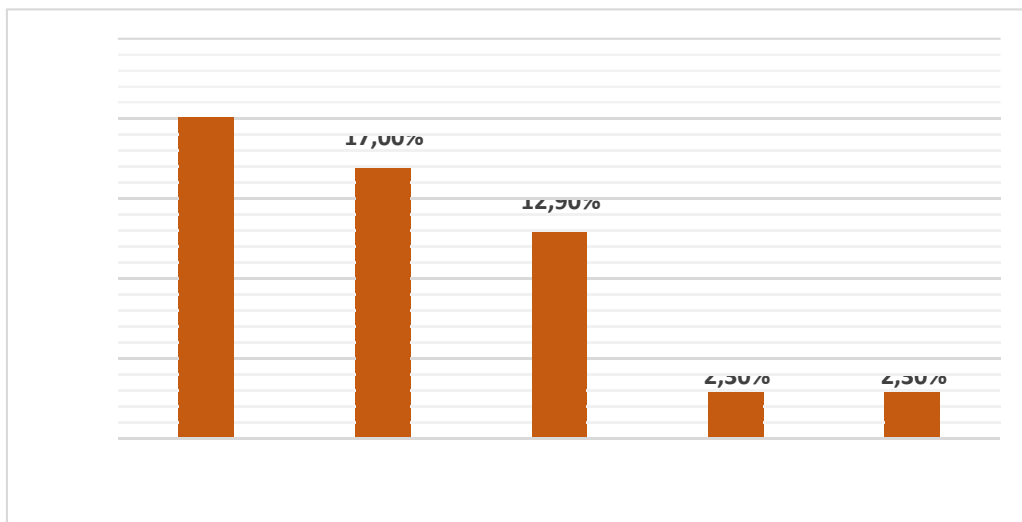


Figura 10 Nivel de implementación de las dimensiones analizadas

La Tabla 10, demuestra la falta de relación entre los niveles de formación y las dimensiones de aplicación de tecnologías 4.0, salvo para el caso de la virtualización donde la presencia de otros universitarios tiene una relación positiva. Es relevante y positiva la asociación entre los sistemas de virtualización y los niveles de análisis en tiempo real.

Tabla 10: relación entre las variables del estudio.

Correlaciones Kendall	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1)Técnicos	1	-,462*	-0,128	-0,027	-0,134	0,000	0,304	0,182	-0,262
2)Ingenieros		1	0,277	0,293	0,069	0,202	0,015	-0,218	0,218
3)Otros universitarios			1	-0,027	0,021	,412*	0,304	-0,262	0,182
4)Posgrado				1	0,134	-0,185	0,008	-0,149	-0,149
5)Sistemas Cyber Físicos ²					1	0,276	0,307	0,050	0,050
6)Virtualización						1	,389*	0,144	0,144
7)Análisis Tiempo Real							1	0,294	-0,165
8)Descentralización								1	-0,048
9)Internet de las cosas (IoT)									1

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

4. CONCLUSIONES

Del análisis de los datos de las firmas relevadas del parque industrial se observa que son de tamaño mediano, aunque hay presencia de micro y grandes empresas, aunque las mismas no son regla de tamaño.

En cuanto a la formación del personal de las empresas el 60% posee personal de formación técnica, la presencia de ingenieros y otros universitarios supera al 50%. La formación de posgrado es la que muestra mayor nivel de escasos alcanzando el 32% de los casos. El 32% de las firmas invierte en capacitación de sus empleados como política de empresa, lo cual puede tomarse como bajo dado que día a día se consolida el modelo de economía basada en conocimiento en el cual uno de sus pilares es la formación de los recursos humanos.

Las temáticas comunes de las capacitaciones son las siguientes: Calidad, Manejo de producto, utilización de equipos, Higiene y seguridad, Sistemas de Gestión ISO, Técnicas, Idioma, Gestión empresarial, Marketing y ventas digitales, pintura, hidráulica, materiales reforzados y nuevos materiales. Estas temáticas si bien son pertinentes y necesarias no abordan capacidades y competencias necesarias para la industria 4.0 por lo que se puede asumir de que no se está formando al personal en necesidades que serán claves en un futuro.

Las tecnologías asociadas a la industria 4.0 están en constante cambio encontrándose en una etapa de desarrollo que no permite que haya uniformidad en cuestiones como las dimensiones y los ítems que los componen. La implementación, por parte de las industrias, de estas tecnologías en la muestra analizada es heterogénea. Dándose firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados como firmas que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio. Por otra parte, del contenido de las entrevistas se determinó la presencia de equipos de diferentes tiempos y de difícil complementación, problema estandarización que se evidencia en otros estudios a nivel internacional. Como máquinas parcialmente automatizadas y en la misma línea máquinas autónomas con capacidades de coordinación mediante redes (M2M) y de reporte a diferentes softwares de gestión de proceso y negocios.

La presencia de rubros que fabrican productos maduros y de escasa intensidad tecnológica propicia en algunos casos no tener la necesidad de mejorar a nivel tecnológico para poder competir. Se da el caso de empresas que consideraban que la demanda potencial y elevado costo de implementación de nuevas tecnologías, sumado al estado económico actual de recesión y elevadas tasas para el financiamiento de activos, hacen difícil impulsar un proceso de cambio tecnológico significativo en las mismas orientado a industria 4.0.

Las dimensiones de mayor grado de implementación en la muestra fueron los sistemas cyber físicos y la presencia de sistemas de análisis en tiempo real. Sus antagonistas fueron la descentralización del acceso y las tecnologías asociadas al internet de las cosas (IoT).

No se encontró relación entre los niveles de formación del personal y el grado de implementación en las dimensiones de las tecnologías 4.0, salvo para el caso de la virtualización donde la presencia de otros universitarios tiene una relación positiva. Además, hay una asociación relevante y positiva entre los sistemas de virtualización y los niveles de análisis en tiempo real.

Lo anterior nos lleva a pensar la necesidad upgrade tanto en cuestiones tecnológicas como de recursos humanos con el fin de posicionar las firmas del parque en el nuevo escenario mundial de la cuarta revolución industrial. Dado que si esto no sucede es probable que estas firmas tengan grandes dificultades para competir y subsistir en este escenario.

² Las variables: Sistemas Cyber Físicos, Virtualización, Análisis Tiempo Real, Descentralización y Internet de las cosas (IoT) son continuas y representan el promedio de presencia o no de los componentes de la dimensión para cada una de las empresas.

5. REFERENCIAS

- [1] AA. VV. (2019). Economía del Conocimiento ARGENTINA AL FUTURO. Publicación de difusión del Ministerio de Producción y Trabajo; Trabajo y Empleo, República Argentina.
- [2] Hermann, M.; Pentek T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, pp. 3928-3937.
- [3] Erwin Rauch, Thomas Stecher, Marco Unterhofer, Patrick Dallasega and Dominik T. Matt (2019) Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. Conference: 9th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- [4] Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest (2018) A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). Journal of Manufacturing Systems. Volume 49, October, Pages 194-214.
- [5] Dean, A., & Kretschmer, M. (2007a). Can Ideas be Capital? Factors of Production in the Postindustrial Economy: A Review and Critique. *Academy of Management Review*, 32(2), 573–594.
- [6] Martín-de-Castro, G., Delgado-Verde, M., López-Sáez, P., & Navas-López, J. E. (2010). Towards “An Intellectual Capital-Based View of the Firm”: Origins and Nature. *Journal of Business Ethics*, 98(4), 649–662.
- [7] Subramaniam, M., & Youndt, M. A. (2005). The Influence of Intellectual Capital on the Types of Innovative Capabilities. *The Academy of Management Journal*, 48(3), 450–463.
- [8] Gustavo Nieponice, Rodrigo Rivera, Alejandro Tfelti y Joaquín Drewanz (2018) Acelerando el desarrollo de Industria 4.0 en Argentina. The Boston Consulting Group.
- [9] Fabian Hecklauer, Mila Galeitzke, Sebastian Flachsa, Holger Kohl (2016) Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. 6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories. *Procedia CIRP* 54 1 – 6.
- [10] Saqib Shamim, Shuang Cang, Hongnian Yu & Yun Li (2016) Management Approaches for Industry 4.0 A human resource management perspective. IEEE. 978-1-5090-0623-6
- [11] Brühl V. (2015). *Wirtschaft des 21. Jahrhunderts - Herausforderungen in der Hightech-Ökonomie*. 1st ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien;
- [12] Gronau N, Ullrich A, Vladova G. (2015). Prozessbezogene und visionäre Weiterbildungskonzepte im Kontext Industrie 4.0. In: Meier H, editor. *Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt*. Berlin: GITO mbH Verlag; p. 125–143.

Caracterización de la gestión de las empresas y de los recursos humanos en las PyMEs de Río Gallegos

Mg Lic Daniel Martínez Llanaza*; Lic Jessica Lucero

ITET Unidad Académica Río Gallegos – Univ Nacional de la Patagonia Austral ITET- Av Gregores y piloto Lero Rivera- Río Gallegos- Prov de Santa Cruz – danielmartinezll1963@gmail.com

RESUMEN

Los saberes, conocimientos, habilidades y destrezas constituyen un conjunto de recursos humanos que diferencian a las personas del resto de los activos, demandando cada vez más una gestión racional e integral, para configurarse en una verdadera ventaja competitiva sostenible y sustentable, que favorezca la adaptación de las organizaciones al dinamismo del mercado. La irrupción tecnológica como vector de innovación, impacta de manera transversal a las organizaciones y sus procesos, redefiniéndolos hacia la obtención de resultados más eficaces. En este proyecto se buscó identificar las características de las prácticas de gestión empresarial en clave de planificación estratégica, la gestión integral de los recursos humanos y el nivel de innovaciones tecnológicas introducidas en los procesos productivos de las PyMEs radicadas en la ciudad de Río Gallegos y cuya dotación se encuentra en el rango de 5 a 100 empleados. Esta investigación de tipo cualitativa, se estructuró en la aplicación de una encuesta inicial y de entrevistas en profundidad a gerentes y propietarios, detectándose una escasa gravitación en los sistemas de información gerencial que acompañan la toma de decisiones, privilegiándose la experiencia y la intuición como así también el corto plazo, por sobre la disponibilidad de información confiable y en tiempo real y los procesos de planificación. Asimismo, se logró identificar algunos indicadores relevantes como el perfeccionamiento en las formas societarias, empresas consolidadas como productoras y una especial valoración del recurso humano por parte de los directivos que integran el sector PyME de la ciudad. La combinación de los factores analizados permite delinear un conjunto de desafíos para la sociedad en su conjunto e invitan a una instancia de superación, que atenúe el avance que el Estado Provincial y Municipal han logrado sobre la actividad privada en las últimas dos décadas.

Palabras Claves: PyMEs, gestión de empresas, recursos humanos, gestión del cambio, innovación

The knowledge, skills and abilities constitute a set of human resources that differentiate people from the rest of the assets, demanding more and more a rational and integral management, to be configured in a real sustainable and sustainable competitive advantage, that favors the adaptation of the organizations to the dynamism of the market. The technological irruption as a vector of innovation has a cross-cutting impact on organizations and their processes, redefining them to obtain more effective results. This project sought to identify the characteristics of business management practices in the key of strategic planning, the integral management of human resources and the level of technological innovations introduced in the production processes of SMEs located in the city of Río Gallegos and whose Endowment is in the range of 5 to 100 employees. This qualitative research was structured in the application of an initial survey and in-depth interviews with managers and owners, detecting a slight gravitation in the management information systems that accompany decision-making, privileging experience and intuition as well. also the short term, over the availability of reliable information in real time and the planning processes. Likewise, it was possible to identify some relevant indicators such as the improvement in corporate forms, consolidated companies as producers and a special assessment of human resources by the managers that make up the SME sector of the city. The combination of the factors analyzed allows us to delineate a set of challenges for society as a whole and invite an instance of overcoming, which mitigate the progress that the Provincial and Municipal State have achieved over private activity in the last two decades.

1. Introducción

La planificación estratégica es un proceso a través del cual se establecen los objetivos organizacionales, concentrando los esfuerzos en aquellos factibles de alcanzar, con la finalidad de generar y mantener su ventaja competitiva.

Existen diversos modelos de planificación estratégica, algunos siguen una forma más estructurada y lineal, mientras que otros, plantean un enfoque más dinámico, integrado e interactivo. Desde este último, Farjoun [1] define el concepto de estrategia de empresa como “la coordinación planificada o efectiva de las principales metas y acciones de la empresa, en el tiempo y el espacio, que continuamente ajustan la empresa con su entorno”.

Una de las características del modelo de dirección estratégica propuesto por Farjoun [1] es que articula dos procesos estructurantes: por un lado, la formulación estratégica, extendiendo su planteamiento a la perspectiva orgánica y por otro, la implementación de la estrategia que se relaciona con los objetivos, posturas y movimientos seleccionados y las elecciones complementarias. Desde este enfoque cobran protagonismo los aspectos organizativos del proceso de dirección estratégica sobre los aspectos económico-racionales [2].

Este modelo encuentra consistencia con el pensamiento sistémico focalizando en las interrelaciones, procesos y patrones de cambio donde las capacidades humanas asumen un rol central para la obtención de la ventaja competitiva. “Hoy, el pensamiento sistémico se necesita más que nunca porque la complejidad nos abruma. Quizá, por primera vez en la historia, la humanidad tiene la capacidad para crear más información de la que nadie puede absorber, para alentar mayor interdependencia de la que nadie puede administrar, para impulsar el cambio con una celeridad que nadie puede seguir. Esta escala de complejidad no tiene precedentes” [3].

El enfoque de una gestión integral de los recursos humanos, involucra un proceso con objetivos a lograr, mediante políticas y acciones implementadas desde el área y destinadas a las personas que se desempeñan laboralmente en una organización [4]. La administración estratégica de recursos humanos significa formular y ejecutar sistemas de RH, es decir, políticas y prácticas de recursos humanos, que produzcan en los empleados las habilidades y los comportamientos que la empresa requiere para alcanzar sus metas estratégicas [5]. Su efectividad será evaluada según el nivel de contribución que genere a los beneficios de la empresa.

Los primeros intentos por definir el concepto de innovación se registraron en 1939 y fue desarrollado por Joseph Schumpeter, cuyo interés se centraba en analizar la importancia económica que representaba el mismo. En los últimos años, se ha avanzado hacia una definición de la innovación como la conversión de ideas en productos, procesos o servicios que tienen éxito en el mercado. Estas ideas pueden ser tecnológicas, comerciales u organizativas [6].

En el marco del Proyecto de Investigación PI (29 A-350) “Una caracterización de las Pymes de Río Gallegos, la aplicación del gerenciamiento estratégico, el rol de los recursos humanos y la innovación tecnológica”, se realizó un trabajo de campo para la investigación del comportamiento de esas variables en las PyMEs, instrumentado a través de una encuesta aplicada a una selección de 34 empresas.

2. Situación de partida

Esta línea de trabajo, vinculada a las empresas locales, que con un desarrollo incipiente comienza a generar sus primeros aportes, identifica como desafío principal profundizar en el conocimiento de las prácticas de gestión empresarial de las PyMEs de Río Gallegos. Para ello resulta necesario identificar las dimensiones analíticas que se consideraron:

- Marco regulatorio, composición y comportamiento del sector privado.
- Incidencia del sector público a través de sus prácticas y políticas. Infraestructura.
- Recursos disponibles en el sector productivo y perfil del empresariado local.

Los temas de estudio de este Proyecto de Investigación se encuadran en el marco conceptual y metodológico de la teoría de los sistemas complejos, en tanto brinda un modelo para el estudio metódico, interdisciplinario y articulado de los sistemas abiertos, alejados del equilibrio, considerando para ello a los procesos endógenos y exógenos en interacción con las circunstancias que coexisten con los hechos. Este enfoque asume una perspectiva de estudio interdisciplinaria y multidimensional, propios del campo gerencial y estratégico, económico y de la administración y los negocios [3].

Se consideró necesario disponer de un padrón actualizado de las empresas de la ciudad y que respondieran a determinadas características. Para ello, se accedió al padrón que colaborativamente la Cámara de Industria Comercio y Actividades Afines de Río Gallegos (C.I.C.A.A.R.G.) facilitó al equipo para este fin. El total de entidades registradas ascendía a 257 empresas, aunque incluía emprendimientos unipersonales de muy pequeña escala (peluquerías, kioscos, multirubros, etc.) que no permitían el análisis de las variables seleccionadas a los fines del proyecto y además, la

información a la que se accedió, se encontraba vigente al año 2014, mientras que la encuesta fue aplicada en el año 2016.

Ese análisis decantó en una selección de 229 empresas con domicilio en Río Gallegos, que constituyeron la población objetivo del estudio resultando representativa de la misma, una muestra aleatoria constituida por 34 empresas. El margen de error de los estimadores fue de un 15.54% y el nivel de confianza para diseñar intervalos del 95%. La selección de empresas a encuestar se hizo a través de la asignación y generación de números aleatorios. El relevamiento en el territorio fue un proceso complejo, donde algunos de los factores que podrían haber incidido en la cantidad de rechazos tienen que ver con la predisposición de algunos empresarios a participar de estos relevamientos (en algunos casos se registraron hasta seis (6) visitas del encuestador) o bien, con los mecanismos que garanticen el anonimato en las respuestas, teniendo en cuenta la vigencia plena del secreto estadístico a través de la Ley 17.622/68.

En una primera instancia, el formulario de la encuesta fue diseñado a través de los formularios de Google, con el fin de implementar el relevamiento en formato digital. Algunas de las ventajas asociadas a esta modalidad y consideradas por el equipo, se relacionan con la disponibilidad del destinatario para completarla cuando lo desee, con la agilidad para llegar a una mayor cantidad de destinatarios de manera simultánea y con la facilidad y rapidez para la construcción de la tabla inicial de datos. Sin embargo, sólo cuatro (4) respuestas se obtuvieron bajo esta modalidad, por lo que se debió redefinir la metodología hacia la implementación de una encuesta cara a cara. [7]

3. Desarrollo

En este apartado se presentarán los principales hallazgos y se encuentra organizado en tres ejes. El primer eje presenta las características societarias de las empresas relevadas, considerando su antigüedad según forma jurídica adoptada, en el segundo eje se presentan los resultados obtenidos respecto de las características de la gestión estratégica de los recursos humanos y finalmente, se presentan los resultados sobre la conceptualización y prácticas de innovación implementadas.

3.1. Características de las PyMEs

El contexto geográfico, político y social de la provincia, contribuyó en la configuración de un perfil empresarial que, en la ciudad de Río Gallegos, presenta una marcada concentración en el sector terciario (91%), cuyos destinatarios principales son los residentes de la ciudad y de los habitantes del interior de la provincia de Santa Cruz.

En la Figura 1 se representa esta distribución:

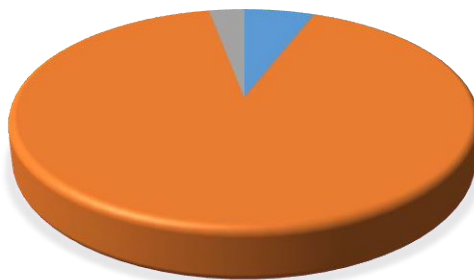


Figura 1 *Distribución de PyMEs por sector de la economía.*

En relación a la estructura jurídica y su conformación societaria se desprende de la Figura 1.2 que un 38% de las PyMEs adopta la figura de Sociedad Anónima (S.A.) y un 38% la de Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.) y el resto un 24%, adopta una estructura informal o personal. Es importante destacar que la gran mayoría, un 76% ha adoptado algún tipo de organización jurídica formal prevista en la Ley de Sociedades 19.550 y modificatorias, a través de la conformación de una S.A. y S.R.L. y el resto ha adoptado una del tipo unipersonal.

En otro momento del tiempo hubiera sido mucho más importante la proporción de Sociedades de Hecho o Unipersonales, hoy la constitución de sociedades para las empresas es un paso importante, algo que da cuenta de “algún grado” de elaboración relacionada con la “idea” emprendedora.

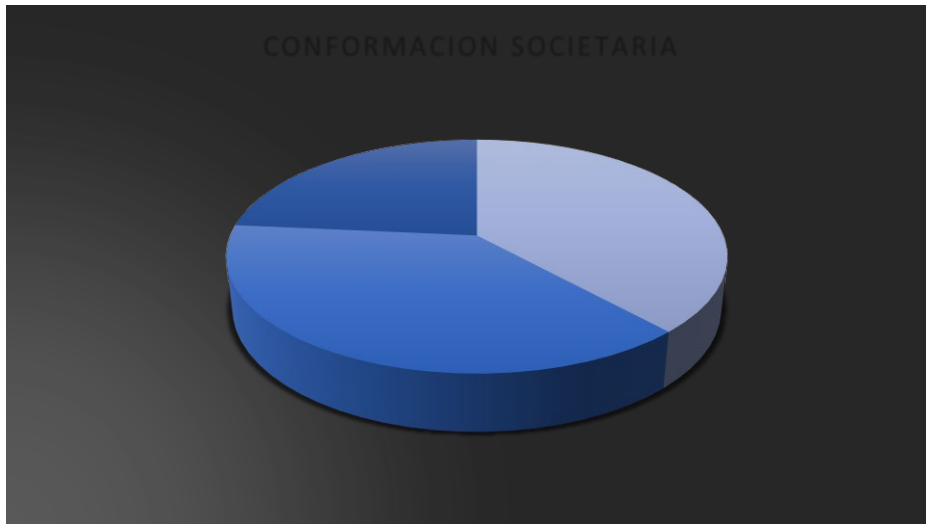


Figura 1.2 Tipo de conformación societaria seleccionada.

La Figura 1.3 (A) indica la distribución de la antigüedad desde que las empresas adoptaron una determinada conformación societaria, del análisis del mismo se observa una mayor concentración en los rangos de 6 a 10 años y de 11 a 20 años. Lo que a priori, permitiría deducir un impacto reducido en la muestra relevada por PyMEs de escasa trayectoria en la ciudad, lo que implicaría experiencias en la puesta en marcha de procesos de planificación y proyectos debidamente analizados.

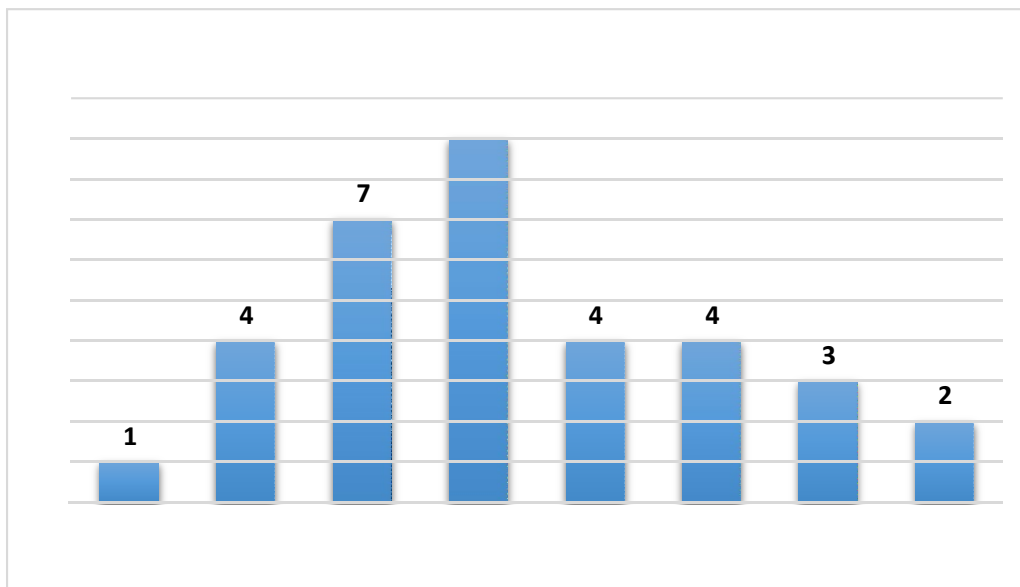


Figura 1.3 (A) Antigüedad desde la última conformación societaria.

La

distribución de la antigüedad desde que adoptaron una determinada conformación societaria, del análisis del mismo se observa una mayor concentración en los rangos de 6 a 10 años y de 11 a 20 años.

Del análisis de las respuestas se obtiene que el 94 % contestó la antigüedad de su última conformación societaria. Se obtuvieron los siguientes resultados, el 3% menor a un año, el 12% entre 1 a 5 años, el 20% entre 6 y 10 años, el 26% de 11 a 20 años, el 12% entre 21 y 30 años, el 12% entre 31 a 40 años y el 9% 41 años o más. Como se puede observar sólo un 15% de los encuestados, tiene una forma societaria que se modificó hace 5 o menos años.

Tomando los datos de la Figura 1.3 (A), se analizó con la técnica del ABC mostrando los resultados que se presentan en la Figura 1.4 donde más del 60% se concentran en referencia a la antigüedad de su conformación societaria, en los rangos de 11-20, 6-10 y 1-5 años, respectivamente.



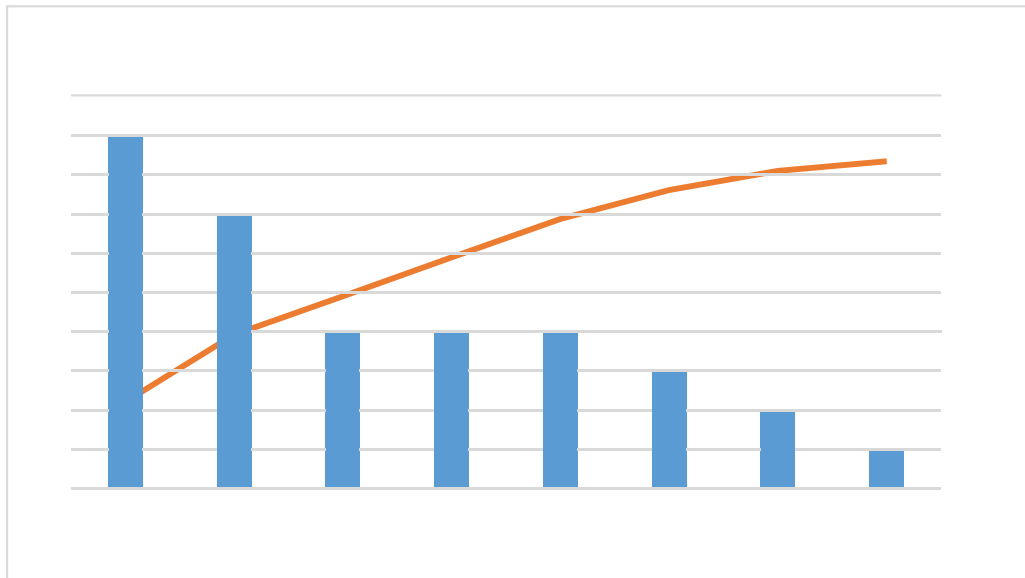


Figura 1.4 Análisis de la antigüedad de su última conformación

3.2. Gestión integral de recursos humanos

En la Figura 2.1 se presentan algunas variables seleccionadas con el fin de indagar sobre la valoración que el empresario PyME tiene respecto del aporte que realizan las personas –a través de su desempeño laboral- para la obtención de beneficios y por tanto, identificar prácticas representativas de un enfoque de gestión integral de los recursos humanos.

La percepción que declara el empresario sobre el recurso humano disponible, es que constituye un recurso valioso, con el que se puede asociar en pos de mejores performances en su empresa.

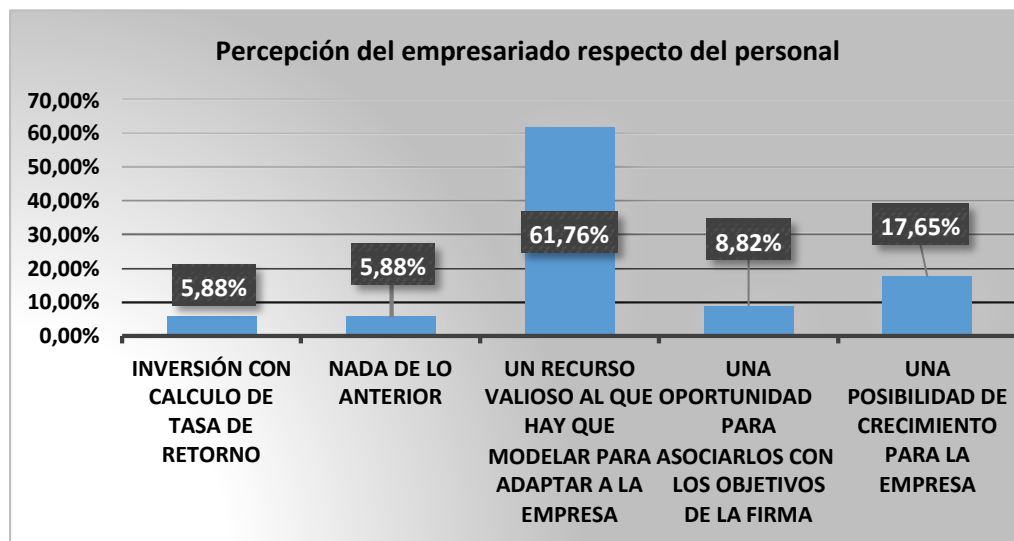


Figura 2.1. Percepción del empresario PyME respecto del personal

La Figura 2.2 expone que más del 70% de las empresas PyMEs encuestadas, no poseen un área específica desde la cual se gestionen las políticas y prácticas destinadas a atraer, retener y desarrollar a las personas con las que trabajan. En este punto, es preciso señalar que debido al rango de la dotación seleccionada (5 a 100 empleados), las practicas propias del área podrían ser asumidas por los directivos y bajo la asesoría o consultoría externa.



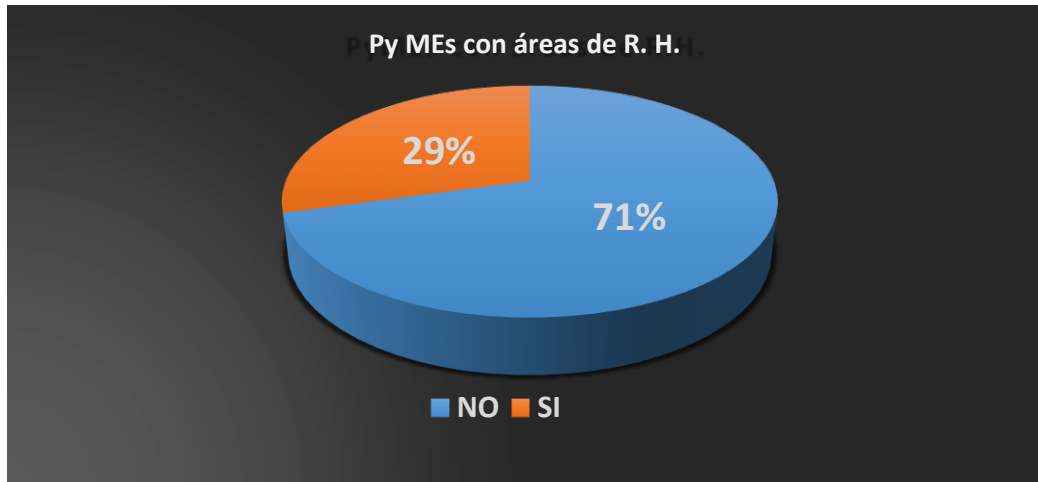


Figura 2.2 PyMEs con Áreas de Recursos Humanos

A los encuestados que respondieron no poseer un área de recursos humanos (71%), se les preguntó quién se encarga de la gestión del personal, respondiendo el 54% que lo realiza el gerente y el 38% que lo realiza el dueño. Éstos números indican que entre los dueños y el gerente se concentra la gestión del personal (92%), el resto de las respuestas señalan en un 4% que lo realiza el encargado y otro 4% el estudio contable, según se presenta en la Figura 2.3.

Las respuestas obtenidas permiten inducir que la representación en los empresarios, sobre las implicancias de una gestión integral de los recursos humanos, se hacen difusas respecto de las implicancias de la administración del personal.

Responsable de la gestión de los R.H. en PyMEs sin área propia

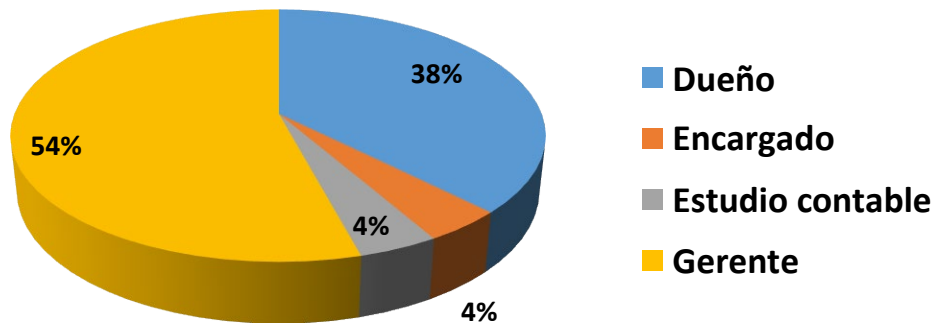


Figura 2.3 Responsable de la gestión de los recursos humanos en PyMEs que no poseen un área específica.

Uno de los procesos determinantes para seleccionar los perfiles laborales que mejor se adecuen al perfil del puesto a ocupar, es identificar las competencias, conocimientos, habilidades, actitudes y aptitudes que serán necesarias para el desarrollo óptimo de la tarea. Este conjunto de decisiones configura la política de selección de personal de una organización. Por tal motivo se indagó sobre los requisitos mínimos exigidos al personal al momento de iniciar la relación laboral.

Se observa en la Figura 2.4 que la exigencia de requisitos mínimos para la contratación del personal, se aplica en un 71% mientras que al restante 29% no debe responder a ningún tipo de exigencia al menos formalmente, establecida.



Requisitos de ingreso

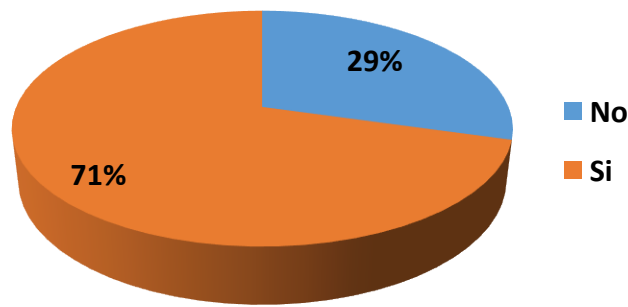


Figura 2.4 Requisitos de ingreso

La Figura 2.5 resume algunos de los requisitos de ingreso establecidos por las PyMEs entre los que se destaca la educación secundaria completa (44%), Idoneidad, experiencia y buena actitud (29%), la enseñanza técnica o universitaria (18%), enseñanza básica (6%) y formación específica del sector (3%). La escolaridad secundaria completa parece ser el común denominador, aunque apoyado en importante medida también por la idoneidad, la experiencia y la buena actitud, esta última en tareas de atención al público parece ser esencial. En este punto se debe señalar que el nivel de formación técnica y universitaria representa un 18% de los requisitos de ingreso, lo que en una primera instancia permitiría inferir un acotado nivel de profesionalización en el sector.

Nivel de formación requerida

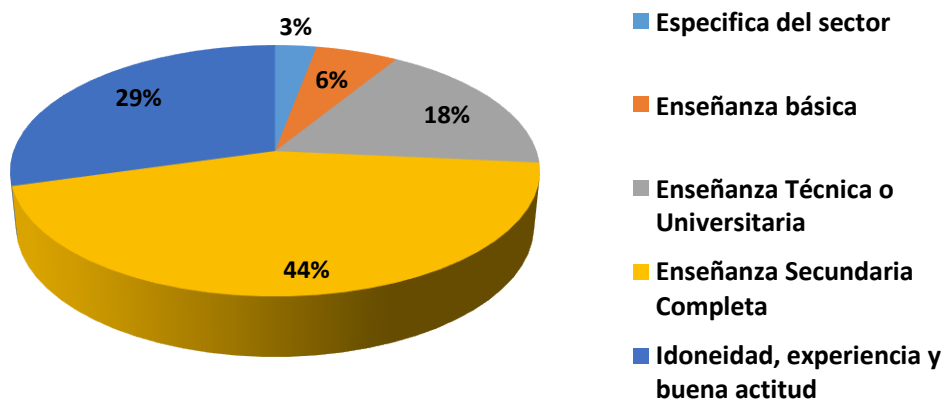


Figura 2.5 Nivel de formación como requisito de ingreso.

El 76% de los encuestados manifestó que realiza capacitaciones a su personal y el 24% que no lo hace. También se profundizó en la frecuencia y la temática de esas capacitaciones del personal. El 24% que respondió que no hace capacitaciones se refiere a aquellas implementadas con carácter sistemático por parte de la empresa. En otras ocasiones el personal realiza capacitaciones por su cuenta, lo que indicaría un alto grado de motivación, proactividad y compromiso con el desarrollo personal de las capacidades de empleabilidad. Esta heterogeneidad de esfuerzos, denota la ausencia de una estrategia organizacional destinada a la capacitación del personal.

La Figura 2.7 expone los resultados vinculados con los paradigmas de la gestión integral de los recursos humanos, donde los directivos de las PyMEs debían clasificar en fortalezas, debilidades o NS/NC a distintos tópicos. Se observa que la mayoría (más del 70%) considera como una fortaleza a la Motivación y el Trabajo en equipo, sin embargo, dichos porcentajes disminuyen al 50% cuando se les consulta sobre Capacitación, Permisos y Reuniones. Dos de las fortalezas manifestadas por los empresarios fueron el Trabajo en equipo y, en segundo lugar, la Motivación, considerados a niveles muy elevados ambos. Por su parte, como debilidades de las organizaciones se mencionaron

la Capacitación que para más de la mitad (53%) no es suficiente lo hecho en ese aspecto, si bien en algunas empresas se registran instancias de Capacitación, éstas no responden a un proceso planificado e incluso en algunas ocasiones responde a esfuerzos individuales de los empleados. Las reuniones de trabajo son consideradas una debilidad, la existencia de reuniones para coordinar tareas, planificar, relacionarse, presentar estados de avance, introducir mejoras en procedimientos o sistemas de la empresa son tareas que contribuyen a fortalecer la confianza en la capacidad de resolución de ciertas problemáticas y muy útiles para motivar al personal, pero aunque tienen estas ventajas, todavía muchos gestores las ven como una pérdida de tiempo desalentando la realización de las mismas.

No se logró identificar una tendencia respecto de la práctica de otorgamiento de permisos al personal, dado que se señaló como fortaleza y debilidad en similares proporciones. En este punto se alude a permisos para rendir examen, aunque fundamentalmente, tiene que ver con la flexibilidad en la relación laboral.

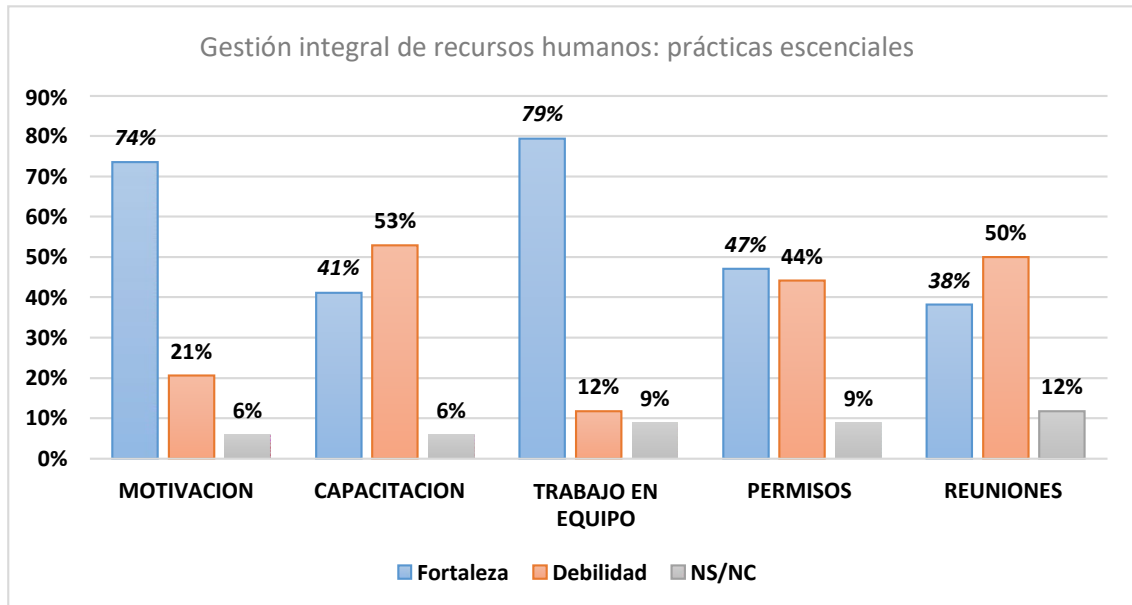


Figura 2.7 Algunas prácticas esenciales de la gestión integral de los recursos humanos

De acuerdo al análisis de la Figura 2.8 se observa que el 50% del personal se manifiesta en forma positiva ante una situación de cambio en la empresa y el 32% en forma neutral, solo un 9% lo experimentaría de manera entusiasta y también un 9% de manera negativa. Podría considerarse que el 9% es un porcentaje de los empleados de las PyMEs encuestadas que resistiría al cambio, el 32% al tomar una actitud neutral espera los resultados de “ese cambio” no es proactivo y bien se podría inclinar por una visión negativa como positiva, por lo que exigirá una gestión activa del proceso por parte de los promotores e implementadores del cambio.

El personal frente al cambio

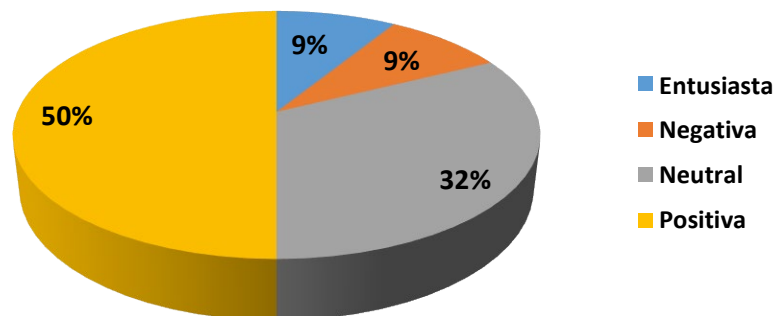


Figura 2.8 El personal de las PyMEs frente al cambio organizacional.

3.3. Gestión de la innovación tecnológica

En este apartado se presentan los resultados obtenidos al indagar sobre la conceptualización que el empresario PyME de Río Gallegos ha logrado construir sobre innovación y al mismo tiempo, se buscó identificar acciones a través de las cuales se hubieran podido materializar.

Del análisis de los datos que se presentan en la Figura 3.1 se desprende el concepto sobre la Innovación que tiene el empresario Pyme surgiendo que el 73% considera posible y muy importante la innovación para el desarrollo de las Pymes. Este porcentaje refiere a una situación potencial, y reconoce la importancia de la innovación incorporada a una Pyme. No obstante, hay un 27% de respuestas diversas, que no involucran a las Pymes radicadas en el territorio, como factores de innovación.

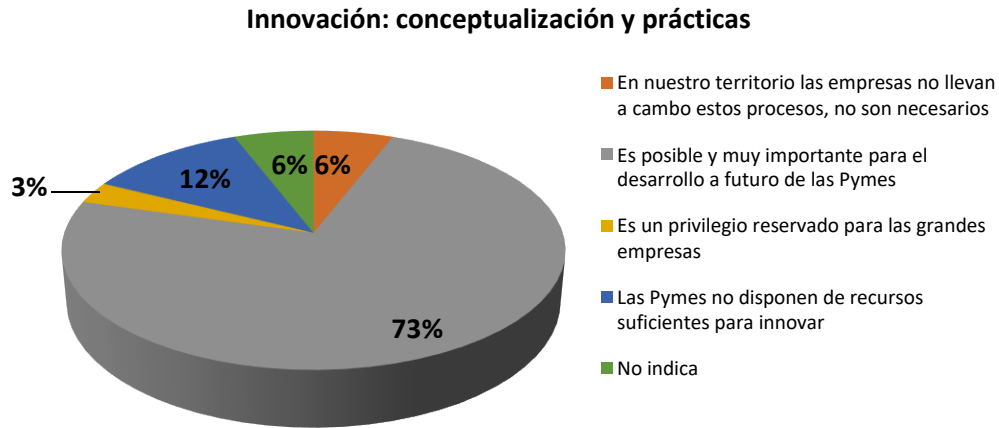


Figura 3.1 *Conceptualización de innovación que poseen los empresarios PyMEs.*

Los empresarios consideraron que el esfuerzo que debe realizar la empresa para disponer de recursos destinados a la inversión en innovaciones tecnológicas en el pasado reciente, es significativo para un 44%, mediano para el 29%, grande para el 21% y pequeño tan sólo para un 6% de los encuestados.

Es decir que para un 65% de los directivos de PyMEs considera que han realizado un esfuerzo económico importante para la incorporación de tecnología, en los otros casos se puede inferir que la incorporación de tecnología no generó el beneficio esperado.

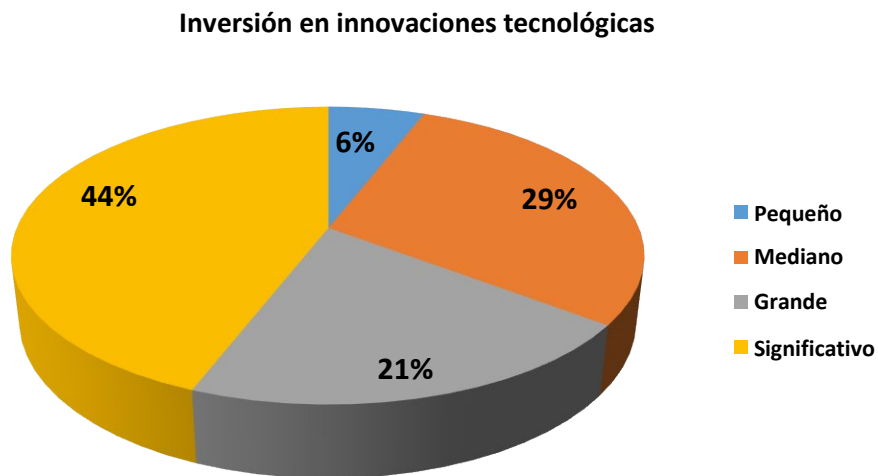


Figura 3.2 *Inversión en innovaciones tecnológicas.*

Ante la pregunta respecto de la participación de la inversión en innovaciones tecnológicas respecto del total de inversiones realizadas por la empresa, el 50% de los encuestados afirmó **no tenerlo**

previsto, un 11% indicó que asigna más de un 20%, un 15% que asigna entre 11% y 20% y un 24% que asigna entre 0 y 10 % de acuerdo surge al porcentaje del presupuesto (véase Figura 3.3) que las Pymes destinan a la Tecnología o Innovación Tecnológica. Solo un 11% asigna más del 20% de la inversión, que resulta muy significativo, hay un 39% de las respuestas que tienen un tope de 20% aunque la asignación puede ser muy volátil y convertirse en un 0%.

Inversión destinada a innovación tecnológica

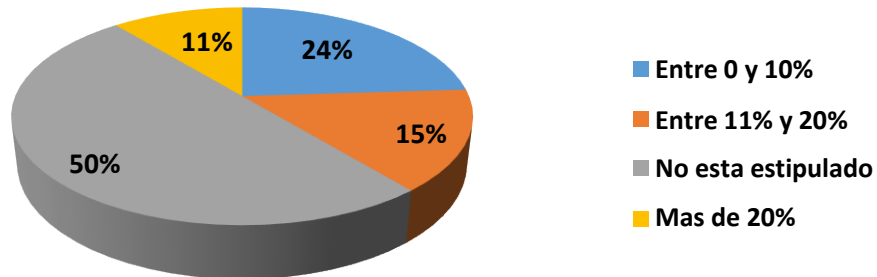


Figura 3.3 Participación de las inversiones en innovaciones tecnológicas, en el total de inversión de la empresa.

Se observa en la Figura 3.4 que las innovaciones que se llevan a cabo en forma aislada, se vinculan al uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC), utilización de redes sociales. Además, se informa sobre la implementación de procesos de mejora en la prestación de servicios, sin embargo, un bajo porcentaje realiza encuestas de satisfacción a los clientes infiriéndose la soledad en que actúa y procede el empresario Pyme. Paradójicamente, más del 60% de los encuestados manifestó interés por subirse a la ola de transformación digital, aunque el 50% no destina un porcentaje del presupuesto a la innovación tecnológica. Por otro lado, el 73% considera muy importante a la innovación para el desarrollo futuro de las PyMEs. Las redes sociales se han convertido en el recurso más utilizado entre los empresarios para la publicidad de sus productos y servicios con relativo éxito, aunque su uso con fines de gestión por ejemplo para la búsqueda de personal o utilización de servicios de la industria 4.0 [8], no ha tenido la misma repercusión. El análisis de estas variables permite concluir que el nivel de utilización y soporte de las tecnologías de la información y la comunicación es incipiente en las PyMEs de Río Gallegos como en otros territorios del país y que esta característica no se corresponde, necesariamente con variables como la cantidad de empleados [9].



Figura 3.4 Innovaciones tecnológicas introducidas por las PyMEs de Río

4. Conclusiones

La coyuntura que atraviesa la actividad económica a nivel nacional y provincial no brinda el acompañamiento institucional y de fomento para el sector PyME, representando una oportunidad

para favorecer el trabajo en red de los empresarios entre sí con el fin de potenciar la cultura del emprendedorismo y de las buenas prácticas en el ámbito empresarial.

Por otro lado, resulta necesario estrechar el vínculo entre las empresas locales y organismos del sistema científico tecnológico con asiento en la ciudad (UARG-UNPA, UTN-FRSC, CIT Santa Cruz-CONICET) que permitan desarrollos genuinos, potenciados por los factores positivos de la región y adaptados a aquellos que se visualizan como dificultades.

Luego del análisis de las variables que caracterizan la gestión integral de los recursos humanos, los procesos de innovación tecnológica y los modelos de planificación estratégica en las PyMEs de la ciudad de Río Gallegos, se puede identificar un desarrollo incipiente en el uso de estas herramientas de gestión.

No obstante, es destacable el nivel de perfeccionamiento alcanzado en las formas societarias de las empresas lo que indicaría el compromiso del sector, por avanzar en las instancias de mejora de las capacidades de dirección empresarial.

5. Referencias

- [1] Farjoun, M. (2002): "Towards an organic perspective on strategy", *Strategic Management Journal*, vol. 23, pp. 561-594.
- [2] Guerras Martín, L.A. (2004): "Problemas organizativos en el proceso de dirección estratégica", *Universia Business Review*, vol. 1, pp. 116-125 Citado por Ruiz Ortega, M.J. (2009): "Un modelo orgánico del proceso de dirección estratégica de la empresa familiar". *Revista de Estudios Empresariales*. Segunda época. Número: 2 (2009). Páginas: 21 – 37.
- [3] Senge, P. (2004) *La quinta disciplina*. Ed. Granica. Argentina.
- [4] Stephen P. Robbins - Mary Coulter (2014) *Administración*. 12ª edición. Pearson Educación. España.
- [5] Dessler, G. y Varela Juárez, R. (2011): *Administración de recursos humanos. Enfoque latinoamericano*. Ed. Pearson Educación. México.
- [6] Jacob, M.; Tintore, J. y Torres, X. (2001). *Innovación en servicios. Informe del proyecto: Innovación en el turístico balear. Análisis prospectivo de tecnologías*. Proyecto financiado por la Fundación COTEC para la Innovación. Tecnológica. Madrid.
- [7] López-Roldán, Pedro; Fachelli, Sandra. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 2015. <https://ddd.uab.cat/record/129382>
- [8] Ynzunza Cortés, C., & Izar Landeta, J., & Bocarando Chacón, J., & Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54)
- [9] Molina, A., Buffone, F. & Molinari, V. (2014). Situación de las pymes argentinas frente a las tendencias en las TIC. *Revista Argentina de Ingeniería, RADi*, año 3, Vol. III, abril de 2014: 121-130.

Análisis de Modelos Organizacionales para la Educación Superior en Modalidad Virtual

Carrizo Blanca Rosa ⁽¹⁾, Abet Jorge Eduardo ⁽²⁾, Cova Walter J. D. ⁽³⁾

⁽¹⁾⁽²⁾GICCAP, ⁽³⁾GIDMA – Dptos: Ing. Industrial e Ing. Mecánica
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba.
bcarrizo@frc.utn.edu.ar / jabet@frc.utn.edu.ar / wcova.utn@gmail.com

RESUMEN

La Ordenanza 1627/18 crea el Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) de la Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.), definiéndolo como un conjunto de acciones, normas, procesos, equipamiento, capital humano y didáctico que permite el desarrollo de propuestas académicas a distancia en la enseñanza de carreras de pregrado, grado o posgrado. Ello hace necesario analizar y discutir alternativas organizacionales al objeto de proporcionar un marco normativo que regule el desarrollo de las opciones pedagógicas y asegure la calidad de sus propuestas educativas.

El presente trabajo propone el análisis de modelos organizacionales para gestionar Sistemas Universitarios Virtuales (SUV) insertos en contextos de Educación Superior Pública, con la finalidad de definir las características de un modelo que pudiera materializarse dentro de la estructura universitaria como un Área de Servicio, destinada a brindar soporte tecnológico y pedagógico a las propuestas educativas que se presentan en el seno de la Universidad, en cuanto a la aplicación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la implementación de programas académicos de formación a distancia.

En este contexto, se describen estructuras orgánico-funcionales partiendo de antecedentes de modelos universitarios analizados desde la óptica de visión, misión, funciones y perfiles requeridos en sus estructuras; comparándolas con la normativa emanada por el SIED de la UT.N.

Se propone graficar una propuesta organizacional que armonice los requerimientos internos de la Institución en el marco de una cultura organizacional tecnológica inserta en un clima laboral que responda a los requerimientos del mercado regional en particular y nacional en general; analizando el surgimiento de nuevos perfiles laborales así como la reconversión de algunos roles existentes en el cambio de paradigma que exige la implementación de un proceso de Educación a Distancia (EaD); haciendo énfasis en la competencias requeridas por el perfil Tutor.

Palabras Claves: Modelos Organizacionales. Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Sistemas Universitarios Virtuales (SUV). Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED)

ABSTRACT

The Ordinance 1627/18 creates the Distance Education Institutional System (DEIS) belonging to Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.), defining it as a group of actions, standards, processes, equipment, human resources that will allow the development of distance academic proposals in the teaching of undergraduate, graduate and postgraduate majors. For this purpose, it is necessary to analyse and discuss organizational alternatives to provide a legal framework that regulates the development of pedagogical options and assures the quality of the academic proposals.

The present work proposes the análisis of organizational models to run Virtual University Systems (VUS) in the context of Public Further Education, with the aim of defining the characteristics of a possible model within the university structure as a Service Area, intended to provide technological and pedagogical support to the proposals presented at University, related to the application of Information and Communication Technology (ICT) in the implementation of long distance academic programs.

In this context, organic functional structures are described having, as a starting point, background knowledge from university models analyzed from the vision, mission, functions and profiles points of view required in their structures; comparing them with legislation passed by DEIS from U.T.N. The idea is to draw an organizational proposal that goes along with the internal requirements of the institution. These requirements are based on a technological organizational culture immersed in a work environment that responds to the needs of both the regional and national markets; analysing the arise of new working profiles and the changes in some existing roles to accompany the changes that Distance Education requires; making emphasis on the role of the Tutor.

1. INTRODUCCIÓN

La virtualidad se convirtió en una nueva manera de vivir y compartir experiencias, el uso masificado de Internet y el cambio en la dinámica de vida urbana y rural, hacen que la afluencia y necesidad de esta modalidad de estudio, cada vez sea mayor.

En este contexto, la Educación a distancia (EaD) es una opción flexible que, gracias a las nuevas TIC que han sido desarrolladas, ofrece la posibilidad de estudiar sin necesidad de asistir presencialmente al aula.

Los nuevos avances de las mismas han incorporado diversos recursos y estrategias didácticas que permiten al estudiante acceder a nuevos conocimientos, al tener la oportunidad de interactuar casi de forma directa con el asesor y con sus demás compañeros a través de foros e incluso sesiones de videoconferencias, etc.

Para ello, es necesario diseñar una estructura organizacional que incorpore la educación virtual en el seno de las universidades, teniendo en cuenta su problemática que origina frecuentes focos de conflicto, dada por su composición heterogénea dentro de sus comunidades, incluyendo un grupo por definición transitorio, los estudiantes y grupos de presión que obedecen a lealtades ajenas a las estrictamente institucionales (corporativas, profesionales o políticas); que es necesario armonizar.

Bates (1999) señala la importancia de considerar nuevas estructuras organizacionales para desarrollar una estrategia exitosa de uso nuevas tecnologías para la educación universitaria.

Con las nuevas estructuras organizativas de educación virtual dentro de las universidades, éstas cumplen sus nuevos compromisos en el contexto de múltiples demandas que recaen sobre ellas en esta era conocida como la sociedad del conocimiento, la cual está caracterizada por la aceleración de la producción de conocimiento, el crecimiento del capital intangible para fines productivos, el aumento de la actividad de innovación y la revolución de los instrumentos de conocimiento basados en tecnología digital. (David y Foray, 2002).

En este contexto, el análisis de Khan (2005) referido a la implementación de los cursos en línea desde ocho dimensiones es muy gráfico y ayuda a comprender este proceso a armonizar desde distintas ópticas:

- Institucional: comprende aspectos administrativos, académicos y de servicios hacia los estudiantes, hace a la organización de cómo se difunde, implementa y asume las posibles innovaciones en los nuevos cursos.
- Gestión: referida a procesos subyacentes como contar con profesores capacitados para el desarrollo de este tipo de cursos. Esta ventaja servirá para poder brindar un acompañamiento en la elaboración de materiales educativos en los entornos virtuales tratando de propiciar la implementación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje.
- Tecnológica: referida a la infraestructura hardware y software.
- Pedagógica: abarca las cuestiones de enseñanza y aprendizaje e incluye componentes como objetivos, diseño, organización y estrategias de aprendizaje.
- Social: considera aspectos referidos a quien va dirigido el programa, la existencia de la brecha digital y la influencia social y política.
- Diseño de la interfaz: se refiere a la facilidad o “amigabilidad” que presenta la interfaz e incluye facilidad de navegación y usabilidad, etc.
- Apoyos o soportabilidad online: referidos a los recursos que requieren los estudiantes para el desarrollo de los cursos en línea.
- Evaluación: incluye la evaluación formativa y sumativa, no solo de parte de los estudiantes sino de la propia instrucción.

En este contexto, la dimensión institucional incluye aspectos a nivel macro como: la planificación, qué tipo de tecnología es el más adecuado a partir de las necesidades detectadas y el financiamiento disponible así como cuestiones referidas a considerar aspectos culturales, la disposición de los contenidos y los aspectos de difusión, adopción e implementación del proyecto, que pueden producir un cambio en la organización a partir de innovación.

Es decir que, la integración de la tecnología de forma institucional requiere identificar las tecnologías requeridas, su evaluación, selección, adquisición, asimilación y utilización.

La organización y dirección de las instituciones educativas deben proveer un “Sistema Integrado” capaz de contar un conjunto de elementos interconectados e interdependientes que relacionen los procesos institucionales de enseñanza-aprendizaje en nuestro caso para los cursos en línea.

2. DESARROLLO

2.1. Modelo de Referencia

En este contexto, se considera hipotéticamente que existe una Universidad que cuenta con una unidad de SUV, la cual ha crecido sustancialmente y por ello ha tenido la necesidad de adaptar su estructura organizacional.

De manera ejemplificativa, se mencionan objetivos y funciones de algunas áreas integrantes, precisando que esto regularmente forma parte de un Manual de Organización.

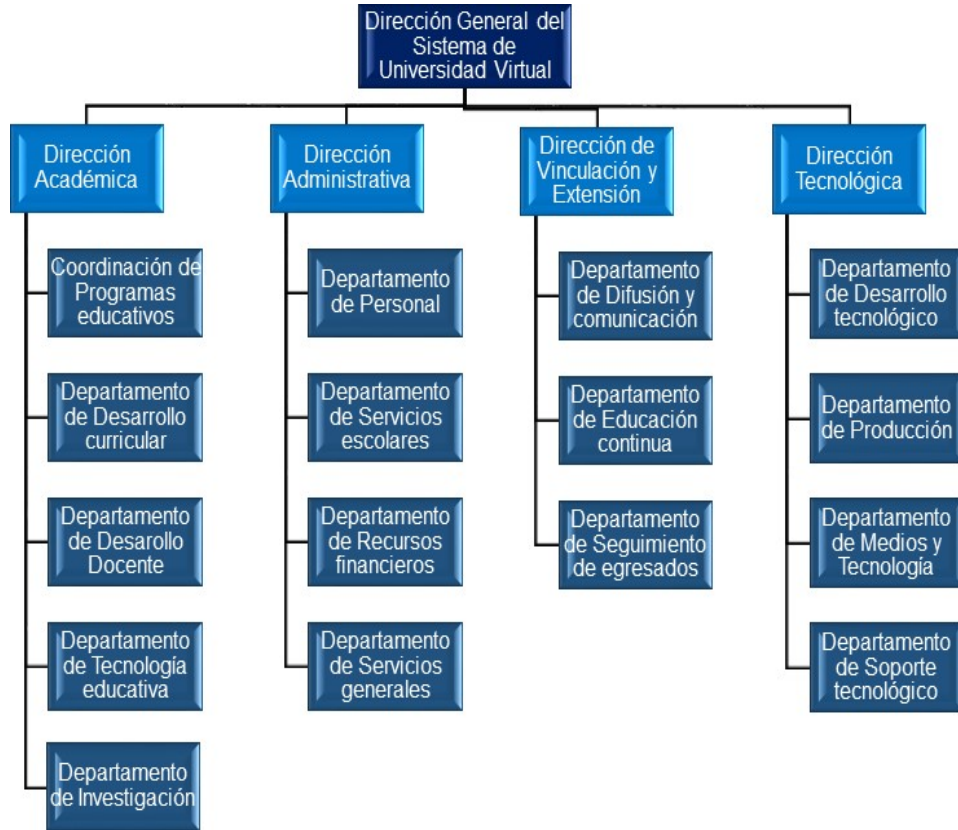


Figura 1. Organigrama del Sistema de Universidad Virtual

2.1.1. Dirección General del SUV

Objetivo: Planear, organizar, dirigir y coordinar las actividades derivadas del SUV.

Funciones:

- Contribuir con el cumplimiento de la Visión Institucional, en cuanto a la transformación en Universidad y el concepto de accesibilidad.
- Contribuir con el cumplimiento de la Misión Institucional, en la creación de materiales multimediales con calidad y como resultado de la investigación aplicada.
- Coordinar la impartición de programas de estudios vigentes, actualizados y pertinentes.
- Desarrollar programas de capacitación para docentes y estudiantes, en el uso de recursos tecnológicos aplicados al proceso educativo.
- Propiciar el desarrollo espiritual, el estilo de vida saludable y la convivencia social, en los medios usados para el proceso de aprendizaje a distancia.
- Proponer y someter a autorización de las autoridades, los manuales, normatividad y procedimientos necesarios, para el buen funcionamiento de SUV.
- Coordinar a las diferentes Direcciones, Departamentos y áreas participantes del SUV, así como las actividades que se realizan en este marco.
- Instruir en la implementación un Sistema de Gestión de la Calidad.
- Vigilar la observancia a la normatividad en materia educativa y en particular la educación a distancia

a. Dirección Académica:

Objetivo: Coordinar las actividades académicas, que de acuerdo a los planes y programas de estudio deberán desarrollarse en los programas educativos del SUV, manteniendo una estrecha comunicación con las demás Direcciones, a efecto de que estas coadyuven al logro de los objetivos académicos e institucionales.

Funciones:

- Proponer los programas educativos que serán ofrecidos.
- Gestionar la provisión de los recursos financieros, tecnológicos y materiales necesarios.
- Coordinar la elaboración de materiales didácticos y metodologías de enseñanza.
- Proponer actualización de los planes y programas curriculares.
- Impulsar la acreditación del programa, así como el aseguramiento de la calidad.
- Establecer el perfil de los docentes, tutores y asesores, de acuerdo a los planes y programas de estudio.
- Diseñar programas de capacitación y actualización del personal académico.
- Implementar programas de certificación docente.
- Impulsar acciones para contar con docentes con perfil deseable.
- Promover la participación en redes de conocimiento.
- Fomentar la existencia de cuerpos académicos consolidados.
- Implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad.
- Establecer un programa de inducción a la plataforma del SUV, aplicable para todos los participantes del SUV.

b. Dirección Administrativa

Objetivo: Proveer de los recursos necesarios para la operación del SUV.

Funciones:

- Elaborar presupuesto para la operación del SUV.
- Gestionar la provisión de recursos necesarios para la operación del SUV.
- Administrar los recursos humanos, materiales y financieros.
- Vigilar el cumplimiento de normatividad fiscal, contable, financiera, de adquisiciones y demás disposiciones legales aplicables.
- Coordinar las actividades transparencia y acceso a la información.
- Mantener en buen estado los bienes muebles e inmuebles, utilizados en el proceso de enseñanza.
- Emitir informes financieros periódicos

c. Dirección Vinculación y Extensión

Objetivo: Implementar mecanismos de coordinación con los sectores público y privado, con el propósito de generar vínculos de colaboración para promoción del SUV con los sectores educativo, empresarial, gubernamental y social a nivel regional, estatal, nacional e internacional.

Funciones:

- Promover la generación de convenios con los diferentes sectores y en los diferentes niveles.
- Implementar un programa de promoción y difusión del SUV.
- Promover la impartición de cursos de educación continua.
- Ofertar cursos, conferencias, certificaciones y acreditaciones con los sectores públicos y privados.
- Implementar un programa de seguimiento de egresados.
- Coordinar un programa de bolsa de trabajo

d. Dirección Tecnológica

Objetivo: Implementar tecnologías de la información y comunicación de vanguardia, que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como proponiendo mejoras en hardware y software utilizado en el SUV

Funciones:

- Proponer programas y proyectos de desarrollo tecnológico, para garantizar el acceso al sistema.
- Gestionar el mejoramiento continuo del modelo tecnológico del Sistema.
- Diseñar y desarrollar soluciones informáticas y de comunicación que fortalezcan los servicios ofrecidos por el Sistema.
- Mantener el equipo de cómputo y telecomunicaciones del Sistema en óptimo funcionamiento.
- Brindar asistencia y soporte técnico oportuno y eficiente a las comunidades de aprendizaje que se constituyan al interior o en vinculación con el Sistema.
- Promover y en su caso realizar investigación aplicada en tecnologías de la información y de la comunicación en la creación de ambientes de aprendizaje.
- Administrar los servicios de atención a usuarios del Sistema.
- Investigar, probar y proponer tecnologías que apoyen el desarrollo y evolución de las funciones sustantivas y adjetivas del sistema.
- Atender las necesidades gráficas y tecnológicas del diseño del material

Este modelo responde a Universidades que amplían su oferta educativa, hacia la nueva era digital, integrando las innovaciones tecnológicas, pedagógicas, evaluativas y las tendencias educativas internacionales, esto es mayormente posible cuando se tiene una estructura bien definida, que permita una mayor especificidad en el desarrollo de las actividades de cada puesto.

Cabe aclarar que, la estructura organizativa de cada Institución, dependerá sobre todo de su cobertura y oferta educativa; pero, deberá contar con una clara visión de sus dirigentes que contemplen el crecimiento a corto, mediano y largo plazo, sin dejar de lado el reto y compromiso de brindar una educación de calidad.

El perfil del Perfil: Director General del SUV exige una actitud permanentemente dispuesta al aprendizaje y al cambio, a la creación de grupos, con un nuevo estilo de dirección basado en el liderazgo.

Requiere el desarrollo de competencias orientadas a:

- Promover la observación y el análisis continuo del entorno.
- Establecer una visión de la institución educativa
- Preparar a la institución educativa permanentemente para el cambio.
- Desarrollar su rol como modelo de imitación para el resto de la institución.
- Aprender a desarrollar los comportamientos directivos necesarios para gestionar en este entorno de cambio.
- Fomentar el aprendizaje continuo en la institución.

Estas funciones implican la asunción de un nuevo paradigma de cambio de mentalidad, de gestores a líderes.

El hecho de ser líder no garantiza el saber hacer, ya que existen distintos tipos de liderazgo y unos son más adecuados que otros según el contexto.

El nuevo paradigma de la globalización requiere líderes próximos al liderazgo transformacional, para de esta manera se realicen las funciones que se requieren, entre las cuales, se encuentran: establecer objetivos y centrarse en los resultados, ofrecer una nueva visión de la institución educativa, modificar el comportamiento de la institución, adecuándolo a la nueva visión, ayudar a sus colaboradores e interpretar las necesidades de cambio del entorno, entre las más destacadas.

22. SIED de U.T.N. (Ord. 1627)

En respuesta a exigencias del medio educativo, la U.T.N. ha aprobado en el mes de Junio del 2018 la Ord.1627, mediante la cual se crea el SIED.

Este reglamento está basado basado en los siguientes aspectos (capítulos)

- Capítulo 1: Consideraciones Generales
- Capítulo 2: Propósitos
- Capítulo 3: De la integración y estructura del SIED
- Capítulo 4: De los docentes del SIED
- Capítulo 5: De los estudiantes del SIED
- Capítulo 6: De los materiales elaborados
- Capítulo 7: De los recursos TIC disponibles
- Capítulo 8: Procedimientos de gestión institucional para el desarrollo de la oferta
- Capítulo 9: De las unidades de apoyo
- Capítulo 10: De la evaluación del SIED

La U.T.N. entiende por la denominación EaD los estudios conocidos como educación semipresencial, educación asistida, educación abierta, educación virtual y cualquiera que reúna las características indicadas precedentemente.

Para que una carrera de pregrado, grado o posgrado sea considerada como dictada a distancia se requiere que la cantidad de horas no presenciales supere el 50% de la carga horaria total prevista en el respectivo plan de estudios.

Algunos propósitos del SIED son:

- Fortalecer la democratización del acceso a la Educación Superior;
- Consolidar los procesos formativos de la modalidad, comprometiéndose con su calidad y evaluación permanente;
- Propiciar la implementación de procesos normados en el desarrollo de carreras que optan por la modalidad, en todas las Unidades Académicas (Facultades Regionales e Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico) de la Universidad;
- Institucionalizar y fortalecer el conjunto de acciones, normas, procesos, equipamiento, recursos humanos y didácticos que se desarrollan en la Universidad y permiten la implementación de propuestas formativas a distancia;
- Generar y asistir toda propuesta de formación, educación y capacitación a distancia en las distintas modalidades y niveles, alineándolas a los requerimientos técnicos, pedagógicos, académicos y administrativos consignados en el presente reglamento.

- Asistir a las Unidades Académicas de la Universidad para que las propuestas que dicten a distancia asuman la mayor amplitud y profundidad en el diseño, metodologías e innovación tecnológica y pedagógica;
- Consolidar las estrategias pedagógicas de las carreras que utilizan soportes materiales y recursos tecnológicos, para que los estudiantes alcancen los objetivos de las propuestas educativas;
- Asegurar el trabajo articulado y mancomunado de los actores institucionales de la Universidad que entienden en las propuestas formativas de la modalidad;
- Facilitar la conformación de espacios de formación, debate y actualización en torno a la modalidad, de modo tal de garantizar que las propuestas que se dictan tengan la actualización pedagógica requerida.

En lo referido a la estructura del SIED, la normativa indica:

El SIED está estructurado e integrado por la Unidad de Gestión en Educación a Distancia (UGEaD) dependiente de la Secretaría Académica (Subsecretaría de Planeamiento); de la Secretaría de TIC; y de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado (SCTyP).

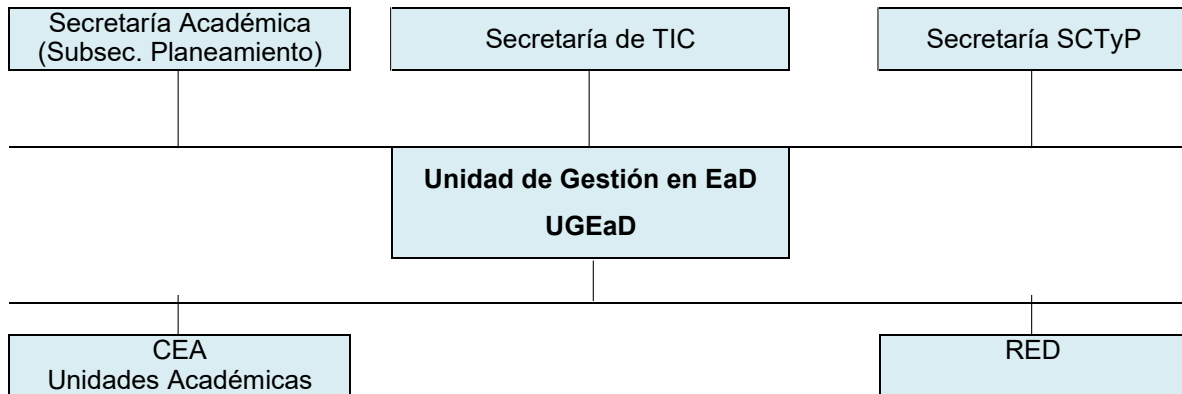


Figura 2. Dependencia orgánica-funcional a nivel Rectorado

De la UGEaD dependerá el Consejo de Educación a Distancia (CEA s/Ord. 1133) y la Red de Referentes de EaD (RED con representantes de Unidades Académicas).

La **UGEaD** es la Unidad de gestión, que acuerda un marco conceptual pedagógico y procedimental para el desarrollo de propuestas formativas en la modalidad a distancia y de aquellas carreras que contengan entre un 30 y 50% del total de horas no presenciales, favoreciendo el trabajo colaborativo con las Unidades Académicas.

Es Responsable del SIED ante la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria.

Define los criterios tecnopedagógicos del SIED a fin de garantizar la coherencia y la calidad de las propuestas.

Funciones UGEaD:

- Formular y actualizar los marcos conceptuales pedagógicos generales para el desarrollo de propuestas de educación a distancia de la U.T.N.
- Elaborar la normativa interna para el desarrollo y diseño de materiales, evaluaciones, y prácticas de enseñanza en la modalidad;
- Desarrollar y/o gestionar propuestas de actividades y programas educativos que utilicen la modalidad no presencial de manera complementaria, así como el impulso del uso de las tecnologías de la información y la comunicación en propuestas formativas en la modalidad a distancia.
- Fortalecer la EaD a través del trabajo en redes tanto, nacionales como internacionales, utilizando las tecnologías digitales como espacios de encuentro y colaboración y el desarrollo de propuestas pedagógicas en el marco de asociaciones y convenios con otras universidades;
- Dictar cursos de capacitación y/o actualización docente en temáticas relativas a las dimensiones tecnológicas y pedagógico-didácticas propias de la modalidad;
- Evaluar periódicamente el SIED proponiendo enfoques e instrumentos que promuevan la mejora continua de las propuestas formativas considerando el conjunto de acciones, normas, procesos, equipamiento, recursos humanos y didácticos.

a. CEA

Es la Unidad de asesoramiento y evaluación creada para actuar en el marco de las prioridades políticas y estratégicas; y está integrado por tres (3) miembros propuestos por la Secretaría Académica, tomando en consideración los postulantes elevados por las Unidades Académicas. Dichos miembros deberán ser especialistas acreditados en el área de EaD y el tiempo de permanencia en el Consejo será de 2 (dos) años, siendo un puesto rotativo dada la búsqueda de la participación de las Unidades Académicas.

b. Secretaría Académica – Subsecretaría de Planeamiento

Responsable de todos los aspectos que hacen al desarrollo de las actividades académicas de pregrado y grado, como así también aquellas del nivel preuniversitario.

c. Secretaría de TIC

Es responsable de la gestión integral de las redes de comunicaciones internas, el equipamiento físico y lógico, los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje, la red de videoconferencia, los servicios y aplicaciones colaborativas requeridas para el dictado de las propuestas académicas desarrolladas en el marco del SIED.

d. Secretaría de Ciencia Tecnología y Posgrado

Es la encargada de asesorar a las Unidades Académicas en la organización y gestión de propuestas formativas de posgrado en la modalidad a distancia y de aquellas carreras que contengan entre un 30 y 50% del total de horas no presenciales, con el fin de promover la actualización profesional y académica de los graduados.

2.2.1. Unidad Académica: Regionales

Es la encargada de diseñar e implementar la propuesta formativa de acuerdo con los lineamientos del presente reglamento.

Define los criterios disciplinares y pedagógicos generales que garanticen la calidad de la oferta académica.

Reúne a los actores institucionales que entienden en el diseño, desarrollo y evaluación de cada una de las carreras a distancia y de aquellas que contengan entre un 30 y 50% del total de horas no presenciales

Designa un referente de EaD como representante en la RED

Tiene como funciones:

- Velar por la presencialidad de los estudiantes en las prácticas profesionales durante su formación y las formas presenciales de supervisión por parte de los docentes en los lugares de prácticas, en los casos que así lo requieran;
- Monitorear la organización de instancias y actividades presenciales para las carreras que así lo requieran;
- Supervisar el desarrollo de competencias de escritura y oralidad y la sincronía entre docentes y estudiantes en los entornos virtuales de aprendizaje;
- Considerar el desempeño de los alumnos y los docentes, en base a los instrumentos disponibles para tal fin y recomendar a la Secretaría Académica de la Unidad Académica las acciones que permitan mejorarlo, en caso de considerarlo necesario.
- Diseñar, coordinar y brindar asistencia sobre la utilización de las plataformas de comunicación y colaboración institucionales utilizadas durante la formación.

2.2.2. Área Virtual: dimensiones, perfil del líder y competencias de los tutores

A nivel general y para poder empezar a trabajar en el diseño de materiales, que es la tarea que se considera crítica, se consensuó con las nuevas autoridades de la Facultad (decano y vicedecano), un Área de Educación Virtual inicial, que estará cimentada en las siguientes dimensiones:

D1. Técnica: es la encargada de establecer la selección de los recursos de software/hardware y su funcionamiento adecuado. Aquí es fundamental el rol que juega el Centro de Cómputos de la Facultad, dado que ellos administran la plataforma de Educación Virtual Moodle y son responsables de la conectividad tanto interna como externa.

D2. Pedagógica: se encarga de establecer y dinamizar el modelo pedagógico coherente con las necesidades del modelo de Educación Virtual. Aquí es esencial el rol del Diseñador Instruccional (DI), quien será el responsable de vincular y reordenar los elementos tecnológicos (acción vinculada al diseño) de manera “estratégica como científica” con los contenidos curriculares necesarios (acción vinculada a la instrucción).

D3. Administrativa: desarrolla la estructura, diseño y montaje de los cursos, conjuntamente con las otras unidades y personas expertas en el saber específico. Aquí es fundamental el equipo de trabajo que se constituya para administrar las relaciones virtuales entre, tutores, alumnado e Institución; en un dinámico feedback que asegure una retroalimentación continua y enriquecedora.

Estructura Matricial propuesta

En la Facultad debe esperarse que el número de programas que requieran este tipo de disposición aumenten; por lo tanto se hace obvia la necesidad de tener una estructura más permanente que formalice más las inter-relaciones entre las áreas involucradas.

La nueva estructura debe permitir a la organización coordinar estas actividades complejas mientras se conserva la especialización funcional estable que posee la Facultad.

La organización adecuada para manejar esta problemática se la llama organización matricial y actualmente se la utiliza en las organizaciones modernas para la administración de proyectos y realización de productos.

Cualquier organización que emplee tal forma de organización híbrida, esta se puede representar con el uso de una matriz que representan una organización con *n* programas (carreras). Estos programas denotan la salida principal de la organización, y por lo tanto ejercen demandas para las diversas funciones. Las funciones o grupos estables se representan en la matriz y suministran recursos a diversos programas dentro de la organización.

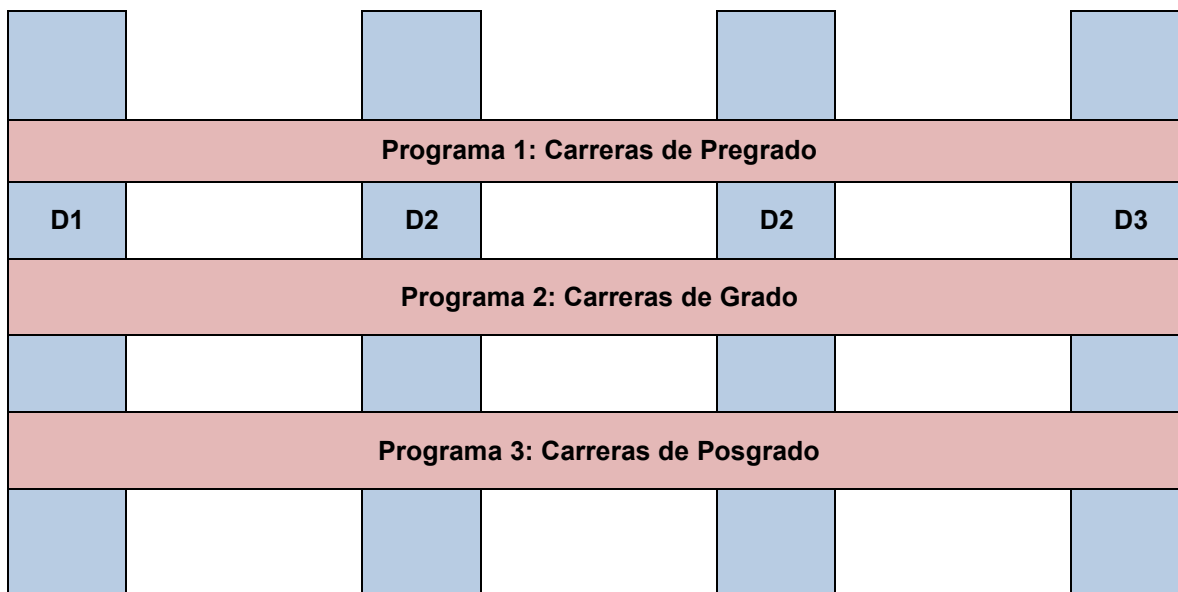


Figura 3. Estructura Matricial de Dirección de Educación Virtual

Cada Programa tiene un Líder que coordina cada carrera segmentada en tres (3) niveles: pregrado, grado y posgrado.

El líder de cada carrera debería ser el Coordinador o Director de cada carrera, es decir que la estructura formal debería coincidir con la informal.

Y cada líder debería trabajar con su equipo de profesores, que deberían mutar al rol de tutores.

Perfil: Director Líder de una Institución Educativa modalidad Virtual

- un profesional en educación con postgrado en el área de uso de TIC aplicadas a la educación.
- Posee conocimientos prácticos de tecnología, redes, conectividad y medios de comunicación entre otros.
- Tiene Es liderazgo e idoneidad para trabajar en equipo, habilidad de planeación, gestión y evaluación de proyectos.
- Es un investigador en temas relacionados con la educación virtual. • Posee experiencia como profesor virtual.
- Conoce, usa y administra cursos o asignaturas en plataformas e-learning.
- Conoce los procesos administrativos y logísticos del diseño de Objetos Virtuales de Aprendizaje.
- Conoce y aplica legislación sobre derechos de autor.
- Posee experiencia en procesos de registro calificado y acreditación de programas académicos.

Funciones:

- Coordinar los procesos de virtualización de asignaturas, diplomados, pregrados y posgrados.
- Velar por que los cursos y materiales realizados tengan la calidad académica esperada.
- Programar actividades para la docencia, la investigación y la internacionalización, que correspondan al Área.
- Ejecutar actividades relacionadas con los procesos de autoevaluación.
- Presentar las políticas de virtualidad.
- Realizar el presupuesto del Área.
- Presentar y promover planes de formación y actualización para los integrantes del Área.
- Administrar eficientemente el Área.

Competencias Tecnológicas: Manejo de la plataforma. Dominio de los recursos tecnológicos: chat, wikis, blogs, correo electrónico. Conocimiento de Internet. Utilización óptima de la paquetería Word, Excel, Power Point, correo electrónico. Conocimientos básicos del equipo de cómputo.

Competencias Académicas: Conocimiento del estudio independiente. Manejo de una gama de estrategias didácticas de enfoque constructivista. Desarrollo de guías didácticas. Conocimiento de las implicaciones pedagógicas de ser profesor a distancia.

Otras funciones: Crear un clima organizacional satisfactorio. Potenciar relaciones positivas entre los miembros. Potenciar la participación. Aunar y armonizar intereses colectivos. Tomar

decisiones. Resolver conflictos. Guiar en momentos de crisis. Motivar a los compañeros con los que trabaja. Facilitar el trabajo en equipo. Cultivar los valores solidarios y democráticos.

Competencias y saberes de los docentes del SIED

El docente que se desempeña en la modalidad a distancia y de aquellas carreras que contengan entre un 30 y 50% del total de horas no presenciales, deberá:

- Conocer las características específicas de la modalidad y sus subsistemas (materiales, tutorías, gestión y administración y evaluación);
- Conocer el funcionamiento y la aplicación de las TIC, claves en las propuestas educativas a distancia actuales;
- Adquirir competencias para la comunicación didáctica mediatizada;
- Incorporar estrategias para la implementación del rol del tutor en instancias de tutoría a distancia sincrónicas (teléfono, chats, videoconferencia, etc.) y asincrónicas (correo electrónico, foros de discusión, etc.) y para el diseño e implementación de instancias presenciales;
- Adquirir conocimientos básicos para la selección de materiales específicos para la EaD en diferentes soportes (módulos);
- Conocer los recursos y actividades centrales que ofrece la Plataforma para la enseñanza con entornos virtuales;
- Comprender el sentido teórico-práctico de un aula virtual para las propias prácticas de enseñanza
- Conocer las potencialidades del aula virtual como un espacio para profundizar o ampliar los contenidos propios de un área de conocimiento;
- Desarrollar habilidades para la evaluación de los aprendizajes en la modalidad.

CONCLUSIÓN

Es indudable la importancia que cobra el nuevo docente virtual en la educación del futuro, lo cual hace necesario un cambio de mentalidad desde los diferentes niveles de la sociedad. Tanto los empresarios, los directivos universitarios, el gobierno, como los docentes, deben ser conscientes de los cambios que exigen los estudiantes de hoy.

Los docentes en su gran mayoría, necesitan cambiar su actitud y disposición para afrontar este nuevo reto, pues es difícil tener éxito con una propuesta formativa virtual, si los directivos y profesores no están convencidos de la calidad y efectividad de estas modalidades mediatizadas por la virtualidad.

La relación tradicionalmente vertical entre docentes y alumnos va a evolucionar hacia un modelo más horizontal en el cual el docente se transformará en facilitador, experto, colega, y el alumno pasará a ser naturalmente activo.

En esta evolución de los papeles, el grupo cobra importancia como espacio de consulta, concertación y colaboración, mediante este mecanismo, la enseñanza es “recibida” por el individuo en la interacción con un grupo en que los docentes no son más que uno de los elementos.

Se trata de una redefinición completa de los papeles, en la cual el dinamismo de los mismos exige un estudiante adaptable, por otro lado los maestros son sujetos activos que tienen su propia forma de entender su práctica, y sus experiencias y habilidades profesionales definen las consecuencias de la innovación características del uso de los distintos programas y medios educativos.

Surgen nuevos perfiles laborales que deben incorporarse a la nueva estructura organizacional adaptada para cada Institución como: diseñador instruccional (DI), diseñador web, experto en contenidos y Coordinador de un curso virtual.

Las Universidades, como gestoras del cambio, están obligadas a integrar a la sociedad en sus procesos y enmarcarse dentro del contexto de lo político, ético y epistémico para que las nuevas generaciones estén preparadas para enfrentar los continuos cambios de un mundo en plena transformación.

REFERENCIAS

- [1] Bates, A. W., (1999). "Restructuring the University for Technological Change", en Brennan, J., J. Fedrowitz, M. Huber, y T. Shah, eds.: *What kind of university? International perspectives on knowledge, participation and governance*. Buckingham, The Society for Research into Higher Education & Open University Press, 207-228.
- [2] Córca J. L., Bruno A. y Hernández Aguilar Ma. L. (2010). Fundamentos de Tutoría Telemática. 1ª ed. Mendoza: Editorial Virtual Argentina, 2010. CD-ROM. ISBN 978-987-24871-7-1. Recuperado de: http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/Gen03/Tec_educativa/Unidad%204_1/f2_Fundamentos_de_Tutor_a_Telem_tica.pdf
- [3] David P., Foray D. (2002). "Economic Fundamentals Of the Knowledge Society", *SIEPR Discussion paper No. 01-14*, Stanford, California, EUA.
- [4] *Estatuto* Orgánico del Sistema de Universidad Virtual. Universidad de Guadalajara. (2011)_ <http://www.secgral.udg.mx/sites/archivos/nomatividad/especifica/EstatutoSistUdeGVirtual.pdf>
- [5] Vázquez Toledo, S. El liderazgo en la organización educativa: el perfil del director y/o coordinador como líder educativo. Link: http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/AgenciaCalidadProspectivaUniversitariaAragon/Areas/03_Jornadas/Seminarios%20ACPUA/Materiales%20SVazquez180113.pdf
- [6] Universidad Tecnológica Nacional Resolución Junio 2018 del Consejo Superior. Lineamientos del Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/buscador.php3>
- [7] Zubietta Garcia y Rama Vitale. (2015). La Educación a Distancia en México.

El estudio de la brecha entre la formación de la ingeniería de la FRD y la empleabilidad

Bosani, Andrea; Gonzales, María Eugenia*; Pereira María Aldana**

**Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional
mgonzales@frd.utn.edu.ar*

*** Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional
mpereira@frd.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Presentamos el siguiente trabajo, resultado de un proyecto de investigación desarrollado en la UTN Facultad Regional Delta denominado: “*El estudio de la brecha entre la formación de la ingeniería Facultad Regional Delta y la ocupación de puestos gerenciales en empresas de la zona de influencia: caso empresas multinacionales de Campana*” y del Programa de Seguimiento de Graduados, en el que participan la Secretaria de Extensión Universitaria (SEU) y la Dirección de Vinculación con el Graduado (DVG). En el siguiente estudio, se analizaron las fortalezas y debilidades en el desempeño profesional de los estudiantes y graduados, con el fin de tomar acciones concretas con el objetivo de lograr altos estándares de jerarquización profesional.

En función de la temática planteada, con respecto a las acciones innovadoras efectuadas en la mejora de la empleabilidad de los egresados, la Facultad Regional Delta hace aproximadamente diez años que realiza el seguimiento de sus graduados utilizando distintas metodologías desde diversas áreas, tanto en la etapa estudiantil avanzada como también a nivel de egresados. A través de este seguimiento, se reveló información vital; que mediante el análisis permitió detectar variables que favorecen y dificultan la empleabilidad de los graduados, teniendo en cuenta que en los últimos años, el cambio en el mercado provocó un cambio necesario en el perfil del ingeniero de hoy en día. Actualmente el foco no está únicamente en la técnica y el conocimiento práctico, sino que es necesario además el desarrollo de las competencias blandas en un mercado totalmente competitivo.

La metodología utilizada fue una encuesta semi estructurada, confeccionada con listas de preguntas sobre los temas mencionados tanto para los graduados como para las empresas, logrando no solo una mayor inserción laboral en sectores públicos y privados, sino también favoreciendo al profesional en la proyección sustancial de su carrera laboral.

Palabras clave: Empleabilidad, Empleo, Inserción Laboral, Mercado laboral, Formación.

ABSTRACT.

We present the following work, result of a research project developed at the UTN Facultad Regional Delta called "The study of the gap between the formation of the Delta Regional Faculty engineering and the occupation of management positions in companies in the area of influence: case of multinational companies of Campana" and the graduate monitoring program, in which the Secretary of University Extension (SEU) and the Directorate of Linking participate with the Graduate (DVG). In the following work, we study the strengths and weaknesses about the professional performance of students and graduates, in order to take concrete actions to achieve high standards of professional hierarchy.

Depending on the issue raised, with respect to the innovative actions carried out in improving the employability of graduates, the Facultad Regional Delta has been monitoring graduates for approximately ten years using different methodologies from different areas, both at the stage advanced student as well as graduates. Through this follow-up, vital information was revealed; that through the analysis allowed to detect variables that favor and hinder the employability of graduates, taking into account that in recent years, the change in the market caused a necessary change in the profile of today's engineer. Currently, the focus is not only on technique and practical knowledge, but also the development of soft skills in a fully competitive market is necessary.

The methodology used was a semi-structured survey, prepared with lists of questions on the topics mentioned for both graduates and companies, achieving not only greater labor insertion in public and private sectors, but also favoring the professional in the substantial projection of Your career

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la siguiente investigación basada en el PID: “*El estudio de la brecha entre la formación de la ingeniería Facultad Regional Delta y la ocupación de puestos gerenciales en empresas de la zona de influencia: caso empresas multinacionales de Campana*” es identificar las variables que favorecen y dificultan la empleabilidad de los graduados de la Facultad Regional Delta. Para este fin, se han analizado las encuestas realizadas a los egresados en el periodo 2009-2018, cuyo formato se adjunta en el Anexo 1. Estas encuestas se efectúan regularmente en el momento en que los egresados comienzan su trámite de emisión del título universitario y es de carácter obligatorio. Esta situación permite contar con una importante fuente de datos, los que han sido objeto de lo que aquí presentaremos.

Abordamos la siguiente temática, ya que los vínculos entre la enseñanza superior y el mundo del trabajo constituyen uno de los temas que actualmente convoca gran interés por parte de los especialistas. En nuestro país, el conocimiento sistemático de estas relaciones presenta falencias que sugieren la necesidad de avanzar hacia aproximaciones más consensuadas, fundadas en preguntas básicas, modelos teóricos, alternativas metodológicas y productivas. La escasez de políticas públicas dirigidas a facilitar la inserción laboral de los jóvenes, ha llevado a las universidades a preocuparse por construir puentes entre la formación y el trabajo, es decir en la trayectoria de una persona como estudiante y su posterior trayectoria como graduado. Así, se advierte que en los últimos años se crean universidades nuevas con concepciones alternativas de formación y crece la necesidad de contar con datos confiables y sistemáticos sobre variables críticas como el trabajo durante el curso de los estudios o las dificultades de acceso y permanencia de los jóvenes en el mercado laboral, los cambios de la estructura productiva y las nuevas formas de organización y contratación en el trabajo, con la clara conciencia de que la formación que se ofrece, no alcanza a cubrir todas las necesidades que la sociedad plantea.[1]

Lo descripto por la autora Marta Panaia, es evidencia de la importancia en comenzar a analizar los datos relevados a través de los años de los graduados de la Facultad Regional Delta, para dar un conocimiento sistemático y futuros análisis que presenten soluciones que construyan una vinculación entre la formación y el trabajo.

2. PRECEDENTES EDUCATIVOS Y DESARROLLO INSTITUCIONAL.

Con respecto al contexto histórico de la Universidad Tecnológica Nacional, esta surgió en 1959, luego de ser renombrada por Arturo Frondizi, ya que se denominaba Universidad Obrera Nacional (UON), escuela técnica inaugurada por Perón en 1948. Esta última surgió del desarrollo industrial posterior a la Primera Guerra Mundial, la cual generó una creciente demanda de artesanos, operarios, técnicos e ingenieros, tornando urgente la necesidad de formar cuadros técnicos de dirección y supervisión, a la vez que ponía cada vez más al profesional de la ingeniería en relación de dependencia. La UON surge entonces, como un ciclo superior de la escuela secundaria con el objeto de formar ingenieros de fábrica, capacitados para crear procesos de producción.

En 1954, los estudiantes de la UON se organizaron para reclamar la misma organización y reconocimiento que las demás universidades, y comenzaron a denominarla Universidad Tecnológica Nacional, denominación que finalmente fue adoptada de manera oficial, cuando la misma fue reconocida y organizada como universidad en 1959, por medio de la ley 14.855 durante el gobierno de Arturo Frondizi. En las siguientes décadas, la UTN se convirtió en la casa de estudios líder para la formación de los nuevos ingenieros tecnológicos del país.

La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - surge así como Universidad Nacional con la función específica de crear, preservar y transmitir la técnica y la cultura universal en el campo de la tecnología, siendo la única Universidad Nacional del país cuya estructura académica tiene a las ingenierías como objetivo central. Actualmente se encuentra conformada por treinta Facultades Regionales, un Instituto Nacional Superior de Profesorado Técnico, y extensiones áulicas distribuidas geográficamente en todo el territorio de la República Argentina, lo que le brinda un carácter federal. En su trayectoria, han egresado más de 30.000 profesionales en las distintas especialidades de la ingeniería.

Con respecto a nuestra institución, la Facultad Regional Delta, fue fundada en 1972, alcanzando el rango de facultad en el año 1983. Esta surgió como consecuencia de la creciente radicación de industrias en la zona y el aumento de las posibilidades de empleo fabril. En este contexto, se inician las primeras gestiones para la instalación de una casa de estudios superiores en la ciudad de Campana. Esta ciudad y sus alrededores constituyen uno de los polos industriales más importantes del país, entre ellas refinerías de petróleo, plantas agroindustriales, petroquímicas, siderúrgicas, metalmeccánicas, alimenticias, generadoras de energía, plantas tratadoras de residuos especiales e

industriales, etc. con el propósito de responder a la demanda de formación técnica requerida. Esta localización es estratégica para la facultad, que aporta a la industria ingenieros en distintas especialidades, altamente capacitados.

3. UNA APROXIMACIÓN A NUESTRO PRESENTE.

La FRD cuenta con alrededor de mil doscientos alumnos distribuidos en las carreras de ingeniería que se dictan en la misma: Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, e Ingeniería en Sistemas de Información. Todas ellas son totalmente gratuitas y están acreditadas por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, a cargo de la evaluación de las mismas de acuerdo a estándares fijados por el Ministerio de Educación.

A continuación se mostrará y analizará la evolución de cada especialidad a lo largo de estos 10 años en las Figuras 1 a 4.

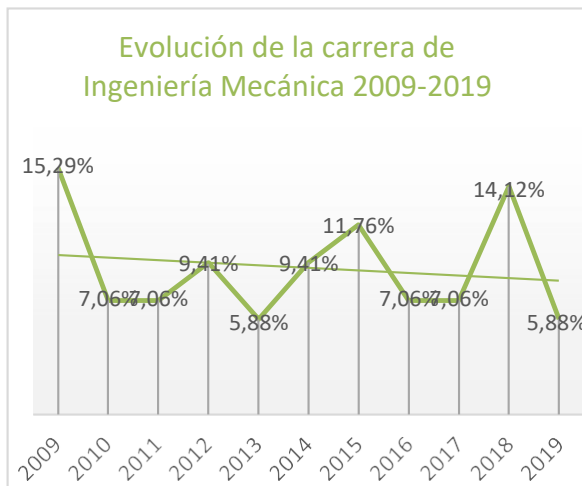


Figura 1 Evolución de la carrera de Ingeniería Mecánica.

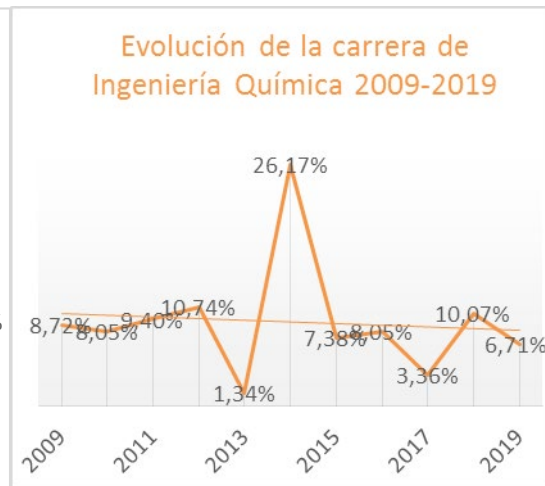


Figura 2 Evolución de la carrera de Ingeniería Química

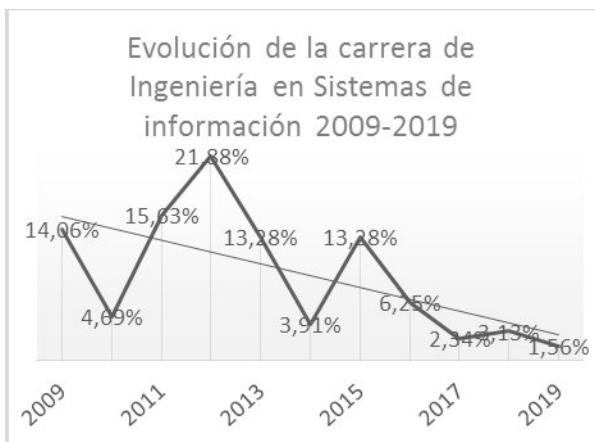


Figura 3 Evolución de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.



Figura 4 Evolución de la carrera de Ingeniería Eléctrica

A pesar de tener un porcentaje más bajo de graduados que las demás especialidades, podemos observar que, Ingeniería Eléctrica está teniendo un crecimiento en la promoción de graduados con respecto a las demás a lo largo del periodo analizado, aumentando significativamente su tendencia. Esto último se justifica en función de la necesidad de carácter práctico actual de dar solución a temáticas prioritarias como energía renovable y eficiencia energética donde se ve involucrada la sociedad, política, economía o el mercado, que está totalmente orientado a la solución de problemas a través de la tecnología. A su vez, tanto Ingeniería Química como Ingeniería Mecánica, muestran mayor estabilidad. Por último, Ingeniería en sistemas de información pronuncia una fuerte caída en los últimos años. Probablemente esto ocurra por una inserción laboral temprana que le insume un mayor porcentaje de tiempo en su desarrollo laboral restándole dedicación en el ámbito académico con lo cual esto provoca una demora en la obtención del título.

Todas las carreras de ingeniería nombradas, que se imparten en la Regional Delta son compatibles con las necesidades del mercado laboral industrial zonal, por ello los estudiantes avanzados ingresan al mercado laboral y cuando egresan, se encuentran ejerciendo su profesión en el ámbito industrial. Sin embargo, existen algunas evidencias que indica que en los últimos 5 años los puestos

gerenciales de las empresas de la zona, son ocupados por profesionales de la ingeniería extra zona. Los profesionales que denominados como extra zona son los que se caracterizan porque su título de grado de ingeniería no lo adquirieron en la Facultad Regional Delta, o sea son profesionales recibidos en otra institución universitaria que no pertenece a la Universidad Tecnológica Nacional. Se concluye que este tema requiere de un estudio en particular para comprender cuales son los perfiles de ingeniería buscados por las empresas de la zona, en donde se denota la existencia de profesionales de ingeniería de otras universidades teniendo una fuente emergente de profesionales que se brindan al mercado laboral regional desde la FRD.

Consecuencia de esto, hacia el año 2009, fruto de reuniones con los graduados y el actual decano de la Facultad Regional Delta, se empieza a crear el “Programa de Mejora de la Empleabilidad” con el objetivo de mejorar el canal de intercambio comunicacional sobre la realidad profesional que cada graduado atravesó en su contexto laboral y sus percepciones a nivel regional, nacional y global.

Luego, en el año 2015, surge el “Programa de Fortalecimiento Profesional” gratuito para alumnos avanzados y graduados, con el fin de transformar las debilidades detectadas en fortalezas, además de brindarles herramientas tan necesarias como su formación técnica a la hora de concretar los objetivos laborales. Este programa consta de cursos y talleres extracurriculares gratuitos sobre comunicación, innovación, liderazgo, gestión de proyectos y creatividad, temas en los que el ingeniero promedio se siente en desventaja. [2]

4. PERSPECTIVA A FUTURO DE LOS INGENIEROS

Evidentemente el trabajo profesional cambió mucho durante estos años. *El mundo “ordenado” donde la inserción laboral acorde a especialidad elegida por el egresado era accesible, se transformó drásticamente en un amplio abanico laboral de un mundo cada vez más globalizado, donde las profesiones y el profesionalismo se encuentran en una posición incierta y ambivalente, puesto que se ha producido una evolución del modelo técnico racional basado en el trabajador del conocimiento a un modelo de profesión propio de las sociedades de servicio. En este escenario, a raíz de los desafíos que impone la globalización, los centros de trabajo deben caracterizarse por un “alto desempeño” y contar con una fuerza de trabajo competitiva, flexible y preparada. Actualmente es necesario formar individuos capaces de gestionar su propia empleabilidad y desarrollar competencias que les permitan insertarse en un mercado de trabajo cambiante e incierto.* [3]

A raíz de todo lo expuesto, el objetivo general de este estudio de seguimiento a egresados es obtener información confiable y real de la situación laboral de nuestros egresados referente a su inserción en el mercado laboral y poder continuar con el monitoreo de forma periódica con el propósito de identificar las dificultades y necesidades que se les presenta a la hora de conseguir un empleo.

5. METODOLOGÍA

A fin de medir el grado de permeabilidad que presentaron los estudiantes avanzados y graduados frente a la incorporación de conceptos y competencias actitudinales dictadas en el ámbito académico y su proyección en el ámbito laboral y profesional se realizaron las siguientes encuestas y entrevistas:

- Encuesta para los graduados: la cual se le otorga al graduado una vez finalizada la carrera. Esta tiene como objetivo que el graduado comente su experiencia durante los años de la carrera; defina aspectos que le brindó la facultad que favorezcan y/o dificulten a la hora de realizar búsqueda laboral.
- Entrevistas telefónicas y personales: se interrogó a personas que ya se han recibido hace unos años, buscando opiniones de ex alumnos de 60 a 75 años, con el objetivo de ampliar el muestreo y así tener variadas opiniones al respecto. Les consultamos acerca de las competencias que le había brindado la Universidad para desempeñarse como profesional, en que debería reforzarse y si le interesaría formar parte de la facultad nuevamente.
- Encuesta para las empresas: la cual tiene como objetivo identificar cuantos graduados de la Regional forman parte o integran el plantel de la empresa, que puestos ocupan, cuales son las fortalezas y debilidades que las empresas observan de los graduados de la FRD y cuál es el perfil profesional de ingenieros que buscan las empresas.

6. RESULTADOS: NUESTROS GRADUADOS EN CIFRAS

Se presentan los resultados de las encuestas dirigidas a los ingenieros graduados de las cuatro especialidades,

Dos aclaraciones metodológicas son pertinentes para una correcta lectura del cuadro. En primer lugar, cabe mencionar que se considera graduado a aquel individuo que ha concluido los trámites correspondientes y ya ha sido expedido su título profesional. En segundo lugar, se ha computado un único título de grado por sujeto graduado. Es decir, si un individuo ha obtenido dos titulaciones se ha contabilizado sólo su primer título. Este criterio ha sido adoptado debido a la particularidad de los títulos intermedios, donde algunos se han recibido tanto técnicos y como ingenieros

Del total de las preguntas efectuadas en la encuesta mencionada, se han analizado, para este trabajo los siguientes tópicos:

- a) El motivo por el cual decidieron estudiar en la Facultad Regional Delta.
- b) La situación laboral actual.
- c) La relación entre el empleo vs los estudios realizados en la institución.

Sobre un total de 433 graduados en el periodo 2009-2018, las especialidades que han promovido un mayor número de individuos han sido Ingeniería Química (34,41%) e Ingeniería en Sistemas de información (29,56%), mientras que las especialidades Ingeniería Mecánica (19,63%) e Ingeniería Eléctrica (16,40%) contribuyen al total con el menor número de graduados, tal como se muestra en la Figura 5.

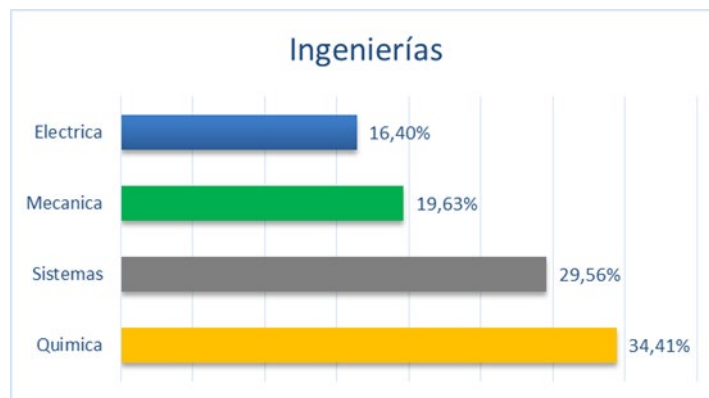


Figura 5 Total de graduados de FRD en el periodo 2009-2018

6.1. Razones principales por la que los egresados eligieron FRD para realizar sus estudios



Figura 6 Distribución porcentual según el motivo de los egresados para realizar sus estudios en UTN-FRD

Los resultados INDICAN que una gran parte de los egresados estudiaron en el FRD por la cercanía a su residencia (39.69%). Así mismo, una parte importante estudiaron en la facultad por el prestigio de la institución (30.53%), siendo otro motivo relevante la por la modalidad de cursada (12.98%).

6.2 Sector al que pertenecen las empresas para las que laboran los egresados

A continuación, en las siguientes figuras, se presenta una distribución porcentual de los egresados, según el tipo de empresa en la cual laboran.

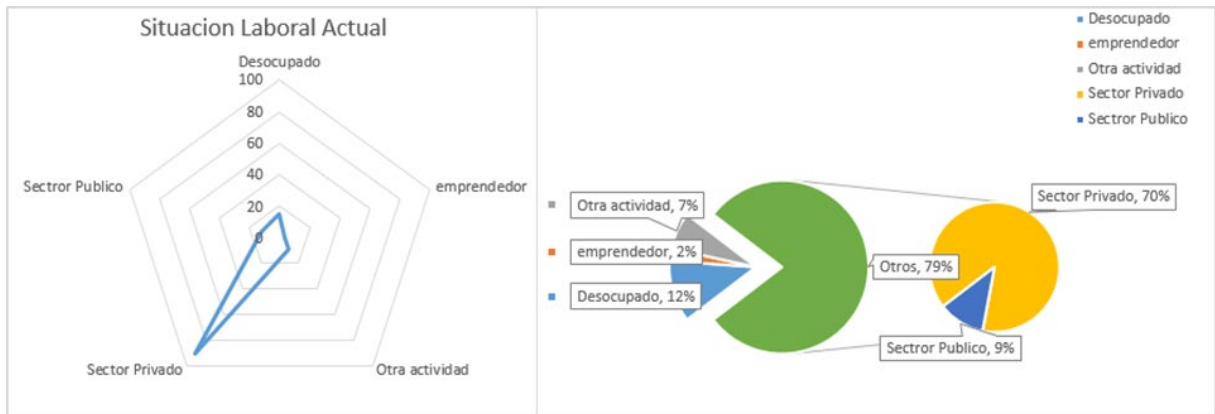


Figura 7 Situación laboral actual

Se observa que la mayoría de los egresados se encuentran en empresas privadas. Además, en general, la situación laboral expone que el 88% de los egresados tienen un empleo. Parte de los ejes estratégicos de la FRD es formar jóvenes con capacidad emprendedora, es por esto que en esta parte se observa el comportamiento de los egresados, referente a la colocación laboral y el índice de emprendimiento que posee la FRD (Figura 7) donde: del 88% descrito, el 86% se encuentra en relación de dependencia, mientras que el 2% es emprendedor.

6.3 Ocupación laboral de los egresados en relación a los estudios realizados en la FRD

Es importante conocer la relación entre la actividad profesional y la actividad académica que obtienen los egresados, para determinar el impacto que generan los conocimientos a la hora de insertarse en el mercado laboral.

¿En qué medida aplica en su práctica profesional lo aprendido en las diversas asignaturas de la Carrera?

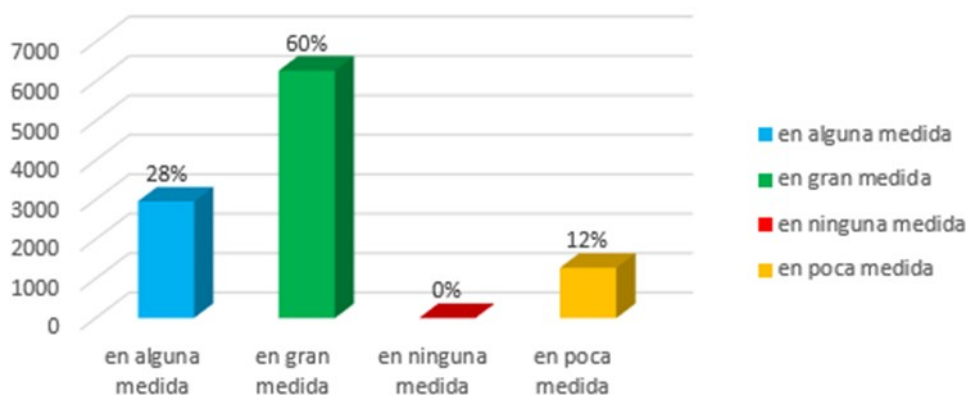


Figura 8 Relación profesional vs académica

En vista a estos resultados, se impuso la necesidad de identificar las causas o razones por las que un 40% de los graduados menciona que en su práctica profesional no aplican en alguna medida lo aprendido en las asignaturas.

Para obtener los datos concretos de la experiencia de los graduados, hemos agregado a la encuesta algunas preguntas importantes que se muestran a continuación. Estas preguntas se realizaron a los graduados participantes del reencuentro anual realizado en junio del presente año. Se realizaron 163 encuestas de las cuales el 75% fue respondido.

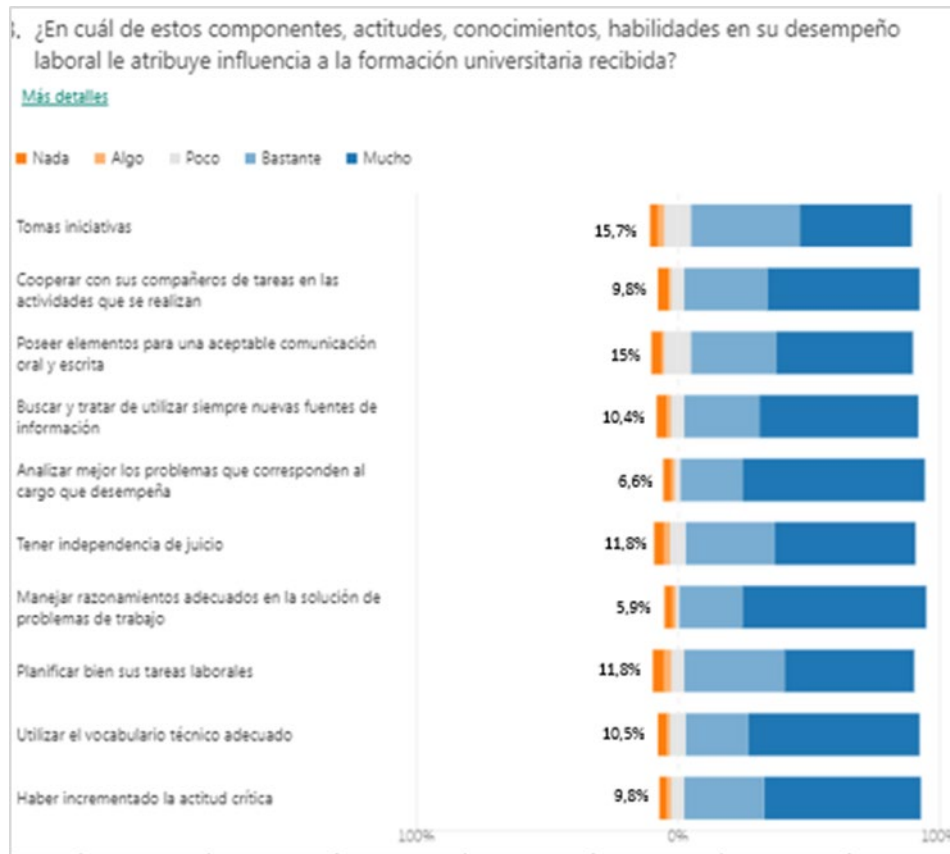


Figura 9 *Habilidades, actitudes y conocimientos adquiridos en la Universidad*

En función de los datos obtenidos de esta pregunta de la encuesta, elaboramos el siguiente pareto, utilizando la regla 80-20, donde se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del Principio de Pareto (Figura 10), ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

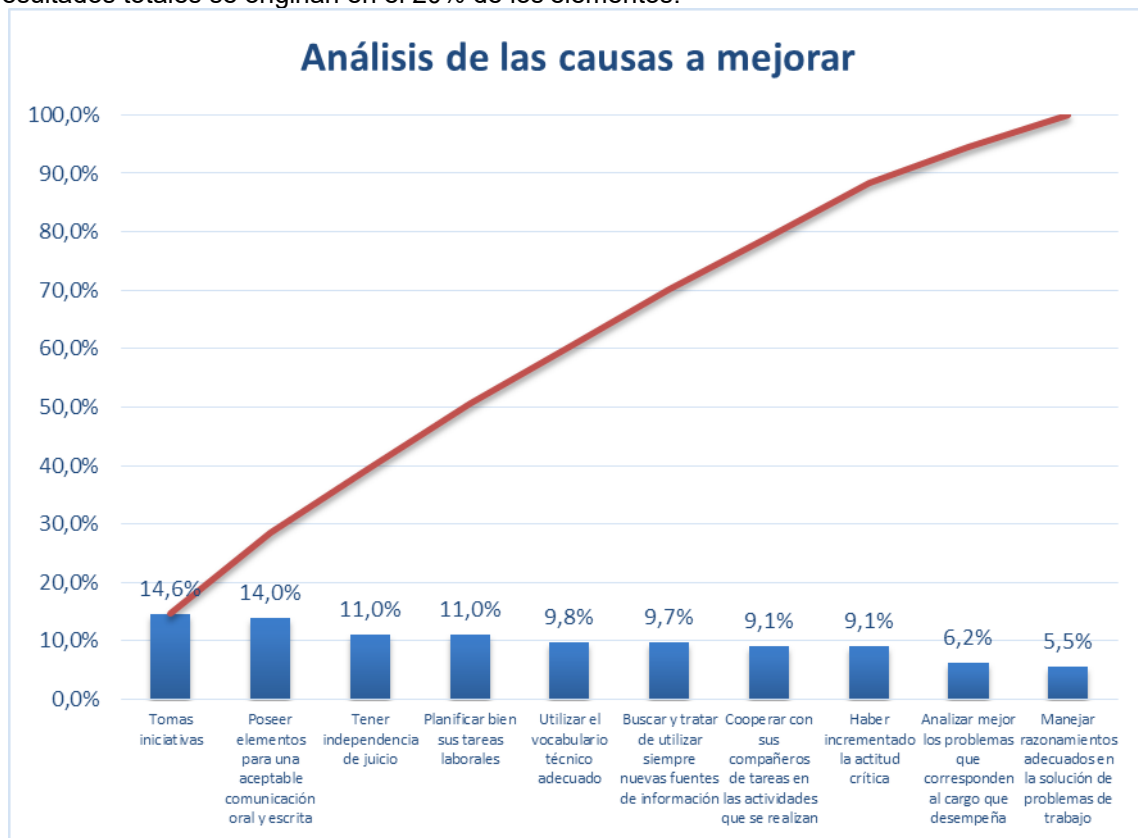


Figura 10 *Análisis de causas por Herramienta Estadística Pareto*

Las falencias más significativas percibidas por el graduado en función del análisis de causas son en relación a lo actitudinal, en donde se ponen en juego habilidades interpersonales y competencia, en donde utilizando como método de análisis el diagrama de Pareto Figura 10, se determinó

reforzando el perfil en la “toma de iniciativa” y “elementos para una aceptable comunicación oral y escrita”, así como también lo vinculado a “Planificar bien sus tareas laborales” se puede llegar a obtener una mejora sustancial de las competencias adquiridas por nuestros profesionales durante su formación.

7. CONCLUSIONES

El caso radicó principalmente en mejorar las competencias y la formación de ingenieros, fundamentalmente para que tengan capacidad de desarrollarse profesionalmente en el ámbito que deseen, ya sea el privado, académico o como emprendedores.

Como plan de acción se propone continuar con el programa actual, fomentando la mejora continua del mismo, incentivando la incorporación de una mayor oferta de capacitaciones en el área de las competencias actitudinales y que redunden a nivel académico, por parte del “*Programa de Fortalecimiento Profesional*”.

Se evidencia la necesidad de una mayor preparación en nuestros profesionales, en relaciones humanas y en la comunicación. Esto denota que el perfil de nuestros profesionales no debe quedar limitado a la formación académica y la solidez en el dominio de los conocimientos específicos sino que debe integrar, capacidades adicionales más allá de los de saberes técnicos, por ejemplo, la capacidad de negociación, dialogo y confrontación dentro de un colectivo de trabajo haciendo un uso de todas las competencias y habilidades personales e interpersonales, permitiendo lograr altos estándares de jerarquización profesional y siendo referentes de creatividad resolutive, desarrollo e innovación tecnológica.

Proponemos a futuro, continuar esta investigación y profundizar sobre los resultados obtenidos, para que el profesional logre una proyección sustancial en su carrera laboral.

8. REFERENCIAS.

- [1] Pranaia, M. (2007) De la formación al empleo. El desafío de la innovación p. 9 - 27
- [2] Herrera, J. M., Segovia, A. V., Bosani, A. A., & Fea, A. (2018). Capítulo 13. Inserción laboral y mejora de la empleabilidad de los egresados en la Facultad.
- [3] Herrera, J. M., Segovia, A. V., Bosani, A. A., & Fea, A. (2018). Capítulo 13. Inserción laboral y mejora de la empleabilidad de los egresados en la Facultad.

9. ANEXOS.**9.1. Encuesta para graduados**

Esta encuesta es obligatoria para todo aquel que termina su carrera de grado. Con la intención de continuar con el acompañamiento de nuestros graduados cuando finalizan sus estudios, se ha implementado un espacio de seguimiento que tiene como intención recopilar información a través de encuestas y procesar los datos obtenidos para: -realizar informes sobre la trayectoria laboral de los graduados, -brindarles ofertas de capacitación profesional acordes a sus necesidades, -conocer los entornos y contextos donde se desempeñan nuestros graduados y su impacto en la comunidad, -compilar experiencias, sugerencias y opiniones tanto de graduados como de empleadores, -conocer los proyectos profesionales y emprendimientos para acompañar su desarrollo, -y generar espacios de intercambio profesional que favorezcan un clima de innovación y cooperación entre nuestros egresados. Nos gustaría hacerle algunas preguntas sobre su perspectiva, solo tomará 3 minutos, y nos ayudarán a mejorar la FRD para usted y para otras generaciones futuras.

Cuestionario:

1. Nombre y apellido
2. DNI
3. Fecha de nacimiento
4. Domicilio
5. Localidad
6. Teléfono celular
7. Teléfono de línea
8. E-mail
9. Carrera de la cual se graduó
 - Ingeniería Mecánica
 - Ingeniería Eléctrica
 - Ingeniería Química
 - Ingeniería en Sistemas de Información
 - Ingeniería Electromecánica
 - Otros
10. ¿En qué año se graduó?
11. Empresa en la que trabaja (puede ser que trabaje de forma independiente o en relación de dependencia, por favor aclarar)
12. Rubro de la empresa
13. Cargo que usted ocupa
14. Teléfono
15. E-mail
16. ¿Por qué eligió la UTN?
17. ¿La carrera en la que se graduó fue la primera que eligió?
18. Si contestó No a la pregunta anterior ¿Cuál fue la carrera elegida en primera instancia?
19. ¿Qué determinó en mayor medida la especialización que eligió?
20. ¿Usted trabajaba cuando cursaba la carrera?
21. En el caso de que realizara algún trabajo ¿éste se relacionaba con sus estudios?
22. Si ya está trabajando, ¿en qué medida aplica en su práctica profesional lo aprendido en las diversas asignaturas de la Carrera?
 - en gran medida
 - en poca medida
 - en alguna medida
23. ¿En cuál de estos componentes, actitudes, conocimientos, habilidades en su desempeño laboral le atribuye influencia a la formación universitaria recibida?

Nada Algo Poco Bastante Mucho

- Tomas iniciativas
- Cooperar con sus compañeros de tareas en las actividades que se realizan
- Poseer elementos para una aceptable comunicación oral y escrita
- Buscar y tratar de utilizar siempre nuevas fuentes de información
- Analizar mejor los problemas que corresponden al cargo que desempeña
- Tener independencia de juicio

- Manejar razonamientos adecuados en la solución de problemas de trabajo
 - Planificar bien sus tareas laborales
 - Utilizar el vocabulario técnico adecuado
 - Haber incrementado la actitud crítica
 - Comprender y explicar los procesos industriales
 - Tener una visión global del trabajo empresario
 - Otros (especifique en qué aspectos de su trabajo sigue influyendo la formación recibida)
24. Describa brevemente qué aspectos del perfil profesional de la carrera de ingeniería en la que ha graduado favorecen y cuáles aspectos dificultan a la hora de buscar y encontrar empleo
 25. Señalar que actividad laboral realiza actualmente
 - Actividad profesional específica
 - Actividad profesional no específica
 - Actividad académica
 - Actividad gerencial
 - Otra actividad
 - Desocupado
 26. ¿Qué conocimiento y competencias considera usted que son imprescindibles en el desempeño de su profesión y son insuficientemente brindados o no brindados durante el cursado de la carrera?
 27. ¿Tuvo algún tipo de dificultad al cursar la carrera elegida?
 28. Describa cuáles fueron sus dificultades puntuales desde lo académico y desde lo administrativo.
 29. Durante el desarrollo de su carrera, ¿Sabía las instancias institucionales que le permitían la expresión de sus opiniones, intereses y sugerencias?
 30. ¿Utilizó dichas instancias para plantear sus inquietudes? En caso negativo explique por qué.
 31. ¿Considera que los contenidos de la enseñanza de las asignaturas y la intensidad de las prácticas durante su formación le permiten enfrentar satisfactoriamente la resolución de problemas de la práctica profesional? ¿Por qué?
 32. ¿Qué contenidos de la carrera considera usted que ya no tienen vigencia para el ejercicio de su profesión?
 33. Valore el nivel de actualización tecnológica de su formación de grado
 - Avanzado
 - Medio
 - Atrasado
 34. ¿Estima que los conocimientos, las aptitudes pedagógicas y la metodología empleada por los docentes con los que cursó la carrera fueron suficientes y adecuados? ¿Por qué?
 35. ¿Utiliza o utilizó los servicios de biblioteca y centros de documentación?
 36. ¿Qué sugerencias tiene para estos servicios?
 37. ¿Considera que los conocimientos con los que concluyo la carrera le facilitan su ingreso a estudios de posgrado o su inserción en la práctica profesional? ¿Por qué?
 38. ¿A qué aspectos de su formación profesional los considera más satisfactorios?
 - El nivel académico de los profesores
 - Las características personales de los profesores que tuvo
 - El intercambio con distintos grupos de compañeros
 - El fácil acceso al trabajo técnico
 - El "clima" propio de la UTN
 - Los planes de estudio ofrecidos
 39. ¿Ha participado en evaluaciones del desempeño docente a lo largo de la carrera?
 40. A partir de su experiencia, ¿le parece importante que los docentes sean evaluado por sus alumnos? ¿Por qué? ¿A través de qué mecanismos lo haría?
 41. ¿Ha participado en órganos de gobierno de la Universidad? (marque lo que corresponda)
 - Consejo Departamental
 - Consejo Directivo (ex-académico)
 - Consejo Superior
 - Ninguna de las anteriores
 42. En este momento, ¿se siente usted interesados por capacitarse en alguna especialidad?
 43. Si ha contestado SI a la pregunta anterior especifique, ¿cuál es la especialidad que le interesa más para continuar formándose como profesional?
 44. ¿Qué modalidad de actividades de formación profesional continua elegiría?
 - Maestría/Doctorado.
 - Carreras de especialización
 - Cursos de posgrado
 - Asistencia a cursos / Seminarios

- Participar en encuentros donde se tratan temas que le interesan
 - Otros
45. ¿Qué aspectos le parece a usted que serían prioritarios para encarar acciones de mejora con vistas a una formación de excelencia?
- Aspecto organizacionales
 - El nivel académico
 - Incrementar la investigación
 - Ampliar su acción en el medio
 - Cambiar o aumentar la oferta de carrera
 - Aumentar las exigencias de la formación
 - Otra
46. ¿Cómo percibe que es el reconocimiento externo por ser un egresado de la UTN?
- Muy favorables
 - Favorable
 - Poco favorable
47. ¿Conoce las carreras de posgrado que dictan en la FRD?
48. ¿Conoce las actividades de investigación de la FRD?
49. ¿Conoce las actividades que se realizan en Extensión Universitaria?
50. Usted es docente/auxiliar de la FRD?

9.2. Encuesta para empresas

1. ¿Cuántos graduados de la Facultad Regional Delta se encuentran trabajando en la empresa?
2. ¿Cuáles son los puestos que ocupan?
3. ¿Cuál es el perfil que ustedes observan del graduado tecnológico?
4. ¿Cuál es el perfil del graduado tecnológico buscado hoy por la empresa?
5. A la hora de buscar un puesto gerencial ¿Qué perfil busca la empresa?

El proceso de difusión del uso de herramientas analíticas en Empresas de Base Tecnológica en Argentina.

Estudio descriptivo inicial.

Anzoise, Esteban*, Scaraffia, Cristina, Cuenca, Julio H (1)

*Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI
Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza
esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Este estudio identifica los factores limitantes en el proceso de difusión de las Herramientas de Apoyo a los Procesos de Decisión (HAPD) basadas en modelos en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de Base Tecnológica en Argentina. El enfoque desde la perspectiva del Modelo de Comportamiento Planeado de Ajzen y del Modelo de Difusión de Innovación de Rogers sumado a la ausencia de trabajos anteriores para relevar este proceso de difusión en las PYMES le confieren un alto grado de novedad a este trabajo. El análisis preliminar muestra que las organizaciones analizadas presentan un grado bajo de desarrollo de inteligencia empresarial y bajo nivel de madurez analítica. Los resultados muestran que el Modelo de Ajzen predice en forma consistente, con la práctica relevada de los procesos de decisión en los individuos participantes, la baja Intención de Uso de HAPD basadas en modelos en PYMES de base tecnológica. De igual forma se identifica que la posibilidad de experimentar y poder conocer los principios de funcionamiento de dichas herramientas analíticas correlaciona positivamente con la decisión de adoptarlas. Estos resultados confirman estudios similares a nivel global. En consecuencia, existe una clara situación de desventaja de las PYMES de Base Tecnológicas relevadas para adaptarse al actual contexto de alta complejidad y volatilidad. Finalmente, como segunda conclusión se identifica una oportunidad para mejorar el proceso de difusión de estas herramientas en los procesos de decisión al desarrollar acciones de formación ejecutiva en organizaciones del sector de desarrollo de software y del sector metalmeccánico los cuales tienen un alto aporte tanto al desarrollo de las exportaciones como el desarrollo del Producto Bruto Geográfico de la Provincia de Mendoza en Argentina.

Palabras Claves: proceso de decisión, comportamiento planeado, herramientas de apoyo al proceso de decisión, difusión de innovaciones.

ABSTRACT

This paper identifies the limiting factors in the diffusion process of analytics in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs) in the financial sector and technology-intensive industries. The novelty of this proposal is the aim from the perspective of Theory of Planned Behavior (TPB) and Diffusion of Innovation (DOI) Theory. Preliminary analysis shows enterprises having low business intelligence (BI) and analytics maturity. In addition, knowledge about analytics core and easy-access are the main drivers for implementing big data analytics. Therefore, SMEs have a clear disadvantage for fitting in the high complexity and volatility current business environment. Finally, there is an opportunity for increasing analytics maturity in Information Technology and Mechanical and Electrical Engineering sectors

1. INTRODUCCIÓN

El relevamiento realizado por PricewaterhouseCoopers (PwC) titulado *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions™*, mostró que los ejecutivos participantes identificaron una brecha entre la capacidad de decisión organizacional al año 2015 y la capacidad esperada para el año 2020 en términos de la velocidad entendida como el tiempo que requiere para responder una pregunta, decidir, ejecutar y medir el valor creado como resultado; y la sofisticación entendida como el alcance y la exactitud de la analítica utilizada para proveer los datos requeridos para decidir [1]. En relación al uso de analítica a nivel organizacional y el proceso de decisión, el 8% reportó que la decisión es raramente basada en datos analíticos; 53% reportó que la decisión es en cierta medida basada en datos analíticos, y solo 39% reportó que la decisión es principalmente basada en datos analíticos [2]. Este estudio también muestra que un 35% de los ejecutivos participantes basan sus decisiones en datos internos y analítica; 33% basan sus decisiones en su experiencia e intuición; 25% basan sus decisiones en servicios de consultoría externos y el 7% no sabe/no contesta (p. 2)¹ [3].

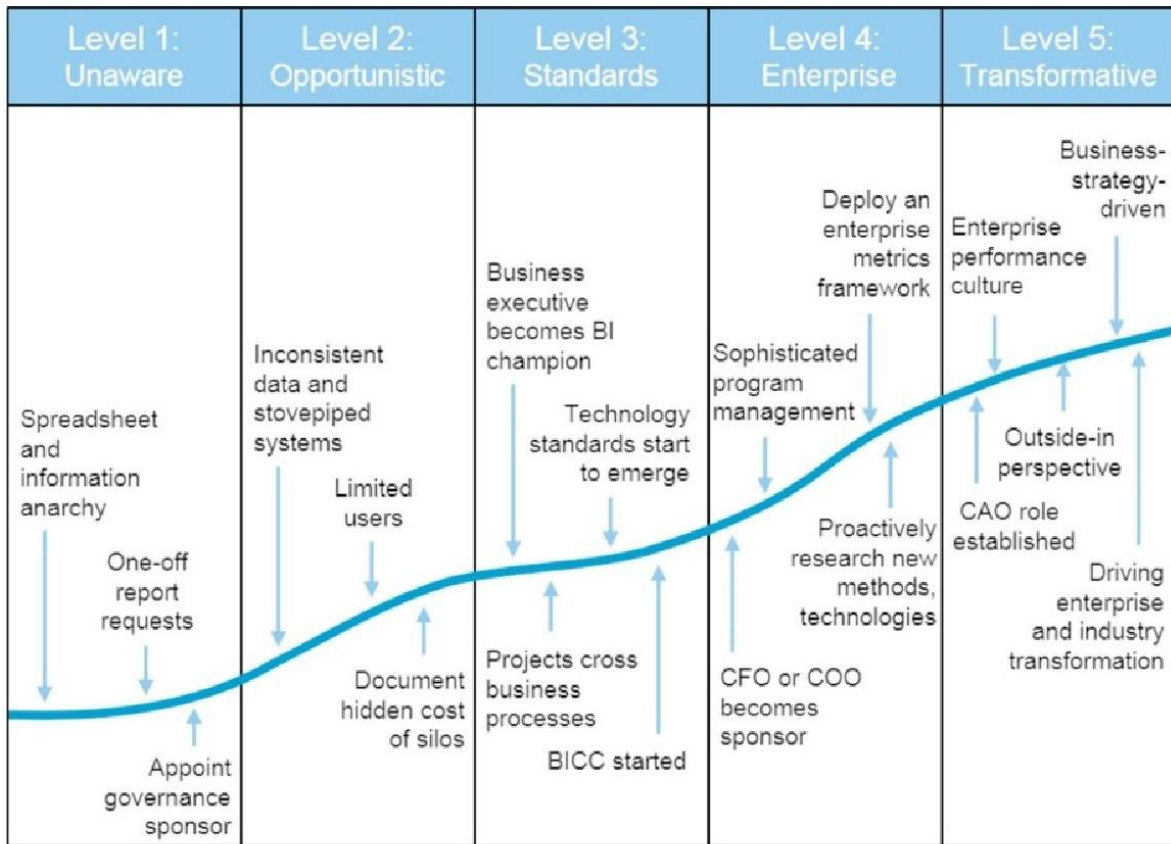
Dos puntos de vista teóricos principales, identificados en la literatura como Proceso de Decisión Clásico [*Classical Decision Making (CDM)*] y como Proceso de Decisión Naturalístico [*Naturalistic Decision Making (NDM)*], han sido desarrollados para explicar el proceso de decisión. Estos dos puntos de vista hacen suposiciones totalmente diferentes sobre el proceso de decisión, así como se adquiere la experiencia en decidir [4]. A la fecha, diversos meta-análisis sugieren que el proceso de decisión puede tener lugar en un continuo entre CDM y NDM, donde una decisión intuitiva estaría ubicada en el extremo definido por NDM. El concepto de proceso de decisión anidado, que es la idea núcleo en el análisis del concepto de Juicio Profesional y Proceso de Decisión [*Professional Judgment and Decision Making (PJDM)*] [5], postula que las decisiones de largo plazo se realizan en forma predominantemente analíticas (CDM) mientras que las decisiones a corto plazo se realizan en forma intuitiva principalmente (NDM) [6]. Independientemente de la forma de decidir, diversos estudios muestran no solo la importancia de decidir [7] sino también el impacto de las decisiones no correctas en las organizaciones. Como muestra, puede citarse el estudio de los procesos de decisión de administradores de nivel superior realizado por Capgemini en UK. Este estudio revela que los administradores en dicha categoría realizan un promedio de 20 decisiones diarias con un impacto financiero promedio de £167.000 y una tasa de error del 24% [8]. Desde la perspectiva del Nuevo Darwinismo [9, 10], puede aseverarse que la realización de decisiones correctas en un ambiente complejo conduce al éxito y la supervivencia de la organización en el largo plazo [7, 8, 11- 14].

En consecuencia, surge la necesidad de desarrollar “la capacidad de comprender las interrelaciones de los hechos presentados de tal forma que consiga orientar la acción hacia una meta deseada (p. 314)” [15] lo que se denomina Inteligencia de Negocios [*Business Intelligence (BI)*] [16]. Este concepto ha evolucionado desde su aparición en 1865 [17] y su resurgimiento en 1958 [15] para convertirse en los 90s, desde la perspectiva de Gartner Inc [18] y de Forrester Research, en un sistema o “conjunto de metodologías, procesos, arquitectura y tecnologías que transforman datos en información útil y con significado para permitir un mejor proceso de decisión y un análisis en profundidad a nivel operacional, táctico y estratégico” [19]. La madurez analítica de una organización, entendida como el grado de inserción de las herramientas analíticas en los procesos organizacionales, la inclusión de proveedores, clientes y socios y la medida en que la información es considerada de alta confiabilidad a través de toda la organización, puede ser analizada a través de diferentes modelos de madurez [20]. Uno de los modelos más difundidos por su foco en los aspectos técnicos de la organización, muy buena documentación y fácil acceso a través de la web es el Modelo de Madurez de la Inteligencia de Negocios propuesto por Gartner Inc [21, 22] como se muestra en la Figura 1. Desde este punto de vista, el modelo clasifica las organizaciones en cinco niveles que comprende desde el nivel 1 (no consciente) - caracterizado por uso primordial de planillas de cálculo y anarquía de datos - hasta el nivel 5 (transformacional) – caracterizado principalmente por una cultura organizacional impulsada por un enfoque estratégico, rendimiento basado en indicadores y un profundo análisis de contexto. Diversos estudios muestran el impacto positivo de una mayor madurez analítica a partir del uso de HAPD basadas en modelos que se traduce en una mayor tasa de acierto de las decisiones organizacionales y la supervivencia en el largo plazo en un contexto darwiniano. Puede mencionarse como el mejor conocimiento en profundidad del comportamiento de los clientes lleva a que las organizaciones aventajen a sus pares competidores en un 85% en el crecimiento de las ventas, 22% en ingresos netos, 25% en ROI y más del 25% en el margen bruto² [23-25]. Sin embargo, la última encuesta realizada por Gartner

¹ Nota del autor: Este estudio se basó en una muestra estratificada conformada por 2.106 ejecutivos C-suite, directores de unidades de negocio y vicepresidentes seniors (SVPs) distribuidos en 10 principales economías y 15 industrias. La encuesta se completó en mayo de 2016 y fue realizada en forma conjunta por Forbes Insights y PwC.

² Nota del autor: The DataMatics 2013 benchmarking survey was conducted from May to June 2103 with 418 senior executives of major companies from a wide variety of industries and distributed equally across Europe, the Americas, and Asia. The data obtained consisted of companies' self-assessment of their own position and capabilities. A subsample of

Inc. (2018) a nivel global³ muestra que más del 87% de las organizaciones caen en la categoría de bajo nivel de Inteligencia de Negocios y Madurez Analítica (No consciente y oportunística) [26]. A la luz de dicha información, resulta válido considerar que la adopción de dichas herramientas analíticas por parte de los diferentes niveles organizacionales en las PYMES de base tecnológica impactaría positivamente en su crecimiento y por ende en su aporte al PBG de la región donde desarrollan sus actividades.



BI = Business intelligence
 BICC = BI competency center

SOURCE: GARTNER (SEPTEMBER 2015)

Figura 1 Modelo de Madurez de la Inteligencia de Negocios

Fuente: Reproducido de Keppels, J. (2018). *Qualitative Measurement of BI Maturity in a SME ICT Organisation*, en *Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science* University of Twente. Enschede, Netherlands.

El foco novedoso de esta investigación es el uso del modelo subyacente en la Teoría del Comportamiento Planeado desarrollado por Ajzen para poder determinar la Intención de Uso de las Herramientas de Apoyo al Proceso de Decisión basadas en modelos. Este modelo ha sido aplicado en diferentes áreas sociales y ha demostrado su alta capacidad predictiva [27]. El segundo aspecto novedoso es la triangulación no solo aplicando un amplio espectro de encuestas globales sino también El Modelo de Difusión de Innovaciones de Rogers [28] y el Modelo de Análisis de Fuerzas de Kurt Lewin [29-31]. Estos dos modelos permiten identificar los factores que impactan positivamente en la Actitud hacia el Uso de las HAPD, así como los factores que afectan el Control de Comportamiento Percibido identificado por Ajzen.

Llegado este punto, es adecuado reconocer la importancia de esta investigación para el área de las decisiones organizacionales de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs). Claramente, diversos estudios recopilados muestran la existencia de errores en los procesos de decisión que conllevan un impacto financiero negativo en la “última línea” del Estado de Resultados de la compañía. La complejidad creciente del contexto [32], el cambio profundo del perfil demográfico de los consumidores [33, 34], y la alta volatilidad de los mercados [35] genera una demanda de decisiones en cada vez menor tiempo, con un número creciente de datos a analizar que explica las limitaciones de los procesos de decisión. Sin descartar la intuición y experiencia como herramientas principales

these results were then substantiated via correlation with objective performance criteria. The validation phase evidenced a significant correlation with the companies' return on assets.

³ Nota del autor: The survey results represented here are based on 813 responses collected from Gartner's [ITScore for Data and Analytics](#) from October 2017 through June 2018.

de decisión, la incorporación de Herramientas de Apoyo al Proceso de Decisión basadas en modelos permite generar soluciones en tiempo mínimo a situaciones complejas y problemas no estructurados. Por ello, poder identificar los factores que promuevan el uso de dichas herramientas permitiría mejorar sustancialmente el rendimiento operativo de las PyMEs que en Argentina, al año 2018, constituyen el 97% del total de empresas registradas, generan el 70% del empleo, el 89% de las empresas que exportan (aunque solo el 1,5% de ellas lo hace) y generan el 44% del PBI del país [36-39].

En consecuencia, y reflejando estas diferentes perspectivas este estudio se focaliza en responder las siguientes preguntas de investigación: Cómo es el proceso de adopción de las Herramientas de Apoyo a los Procesos de Decisión (HAPD) basadas en modelos en organizaciones de base tecnológica y financieras; y Cuáles son las variables principales que definen el proceso de adopción de las Herramientas de Apoyo a los Procesos de Decisión (HAPD) basadas en modelos en organizaciones de base tecnológica y financieras.

2. METODOLOGÍA.

El marco metodológico para esta investigación corresponde a un paradigma positivista, con una metodología de investigación cuantitativa que siguió una lógica hipotético – deductiva. Se estableció un diseño basado en una investigación exploratoria - descriptiva, cros-seccional no longitudinal [40, 41]. Se decidió establecer en la primera etapa una investigación exploratoria ya que no existen investigaciones previas sobre el objeto de estudio lo que impide obtener conclusiones sobre qué aspectos son relevantes y cuáles no. Para ello se realizó una extensa revisión bibliográfica especializada que permitió determinar qué factores destacados o variables favorecen y/o presentan resistencia al uso de HAPD basadas en modelos en organizaciones privadas del área de ingeniería y financieras, así como una relación tentativa entre dichas variables. Los factores identificados se obtuvieron aplicando el Modelo de Fuerzas de Kurt Lewis y el Modelo de Comportamiento Planeado de Ajzen. A partir del estudio exploratorio se generó una etapa de investigación descriptiva básica, a partir del desarrollo de un cuestionario para recolectar evidencia de campo para su posterior análisis, cuyo objetivo fue proveer de una representación válida y exacta de los factores o variables que son relevantes a las preguntas que guían esta investigación [41].

Para esta investigación se utilizó una versión ampliada del modelo de la Teoría de Comportamiento Planeado de Ajzen identificado como Modelo Integrativo que incluye el efecto de las variables externas o de contexto sobre las creencias de comportamiento, creencias normativas y las creencias de control [42, 43]. Las variables de contexto que se incluyen comprende el Sector Productivo al cual pertenece la organización, la Generación a la cual pertenece el participante de este estudio, el nivel de decisión en la estructura organizacional en la cual el participante pertenece y el grado de intensidad de uso de las HAPD en los diferentes niveles de decisión organizacionales [44, 45] como se muestra en la Figura 2.

El análisis estadístico de los datos del relevamiento piloto realizado permitió determinar el grado de correlación existente entre las variables identificadas. Los resultados hallados (datos primarios) se triangularon con datos secundarios provenientes de diferentes trabajos de investigación y encuestas de gran alcance en el área sobre el uso de Herramientas de Apoyo al Proceso de Decisión y Mecanismos de Decisión a nivel gerencial en diferentes organizaciones. Finalmente, el análisis de los resultados obtenidos se amplió al aplicar el Modelo de Difusión de Innovación de Rogers. En este estudio se aplicó el muestreo de conveniencia (también conocido como muestreo no sistemático o muestreo accidental) [46]. Del listado total de organizaciones disponibles se obtuvo una muestra estratificada de 114 individuos que ocupan diferentes niveles de decisión en empresas de base tecnológica y del sector financiero distribuidas en diferentes provincias de la República Argentina. Se utilizó el listado de empresas del sector metalmecánico en la provincia de Mendoza; el listado de empresas del Polo Tic de las provincias de Mendoza y Santa Fe; el listado de empresas que pertenecen al Clúster Eólico Argentino de la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPIBIC) y el listado Entidades Financieras de la Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias [47].

3. RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1. La actitud hacia el uso de las HAPD basadas en modelos.

El análisis estadístico inferencial asociativo de la relación entre la variable Intención de Uso de HAPD basadas en modelos y la Actitud hacia el uso de HAPD basadas en modelos muestra que existe una correlación positiva estadísticamente significativa, $r_s(69) = 0,407$, $p < 0,001$ lo que puede ser considerado un tamaño del efecto mediano o típico de acuerdo a Cohen (1988). Siguiendo el Modelo de Ajzen, las actitudes son función de creencias comportamentales en relación con determinada situación que el sujeto combina con la evaluación del resultado esperado para producir una actitud final positiva o negativa hacia el comportamiento analizado [48]. La correlación positiva significa que a medida que la Actitud hacia el uso de HAPD basadas en modelos de los integrantes de la organización se incrementa – es decir, la valoración de las consecuencias de utilizar las HAPD en base a la información disponible se vuelca a favor de su uso – la Intención de Uso de HAPD basadas

en modelos también crece. La baja correlación hallada ($R_s^2 = 16\%$) refleja que, aunque está presente como para generar una Intención de Uso, existen otros factores que limitan su valor. Entre los principales factores identificados, en la extensa búsqueda realizada, se pueden listar: la brecha entre las suposiciones del contexto sobre las que se basa y el contexto organizacional actual lo que reduce la exactitud de las predicciones [49, 50]; la falta de conocimiento tecnológico por parte de los usuarios de los DSS para entender el tipo de proceso a realizar [51]; el miedo de aprender nuevos conceptos lo que aleja a los individuos de su zona de confort y la resistencia al uso de nuevas herramientas tecnológicas [52-55]; la dificultad para entender fácilmente los modelos matemáticos formales embebidos en los mismos [56-59]; la perspectiva personal del usuario hacia el modelo de decisión; y el estilo cognitivo del usuario [60, 61].

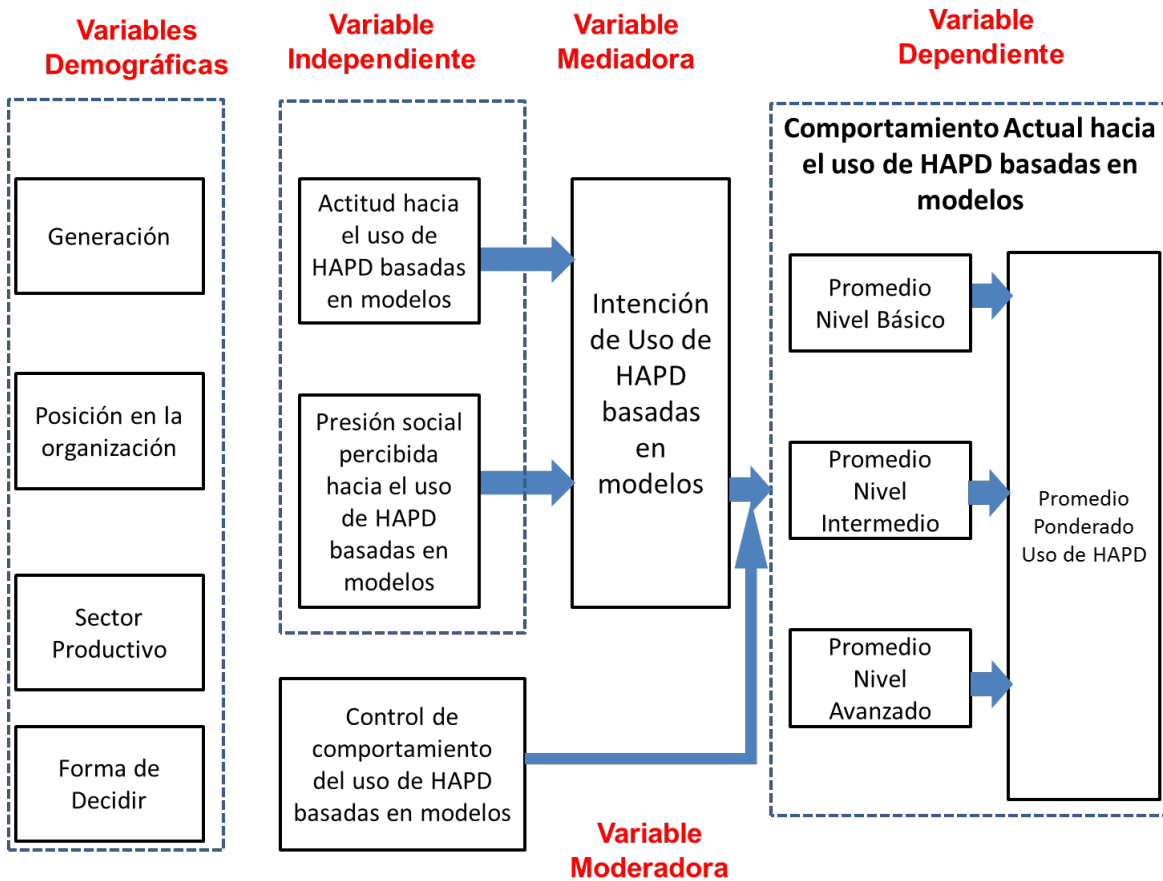


Figura 2 Modelo de Teoría de Comportamiento Planeado integrado con variables de contexto.

Desde la perspectiva del modelo que describe el proceso de Difusión de la Innovación propuesto por Rogers (1995), los integrantes participantes percibirían que el uso de HAPD basadas en modelos les daría una baja “ventaja relativa” [62] respecto del actual proceso de decisión que ellos realizan. Esto equivale a decir que dicho uso no es percibido como mejor que el actual proceso de decisión. Este hallazgo es consistente con los resultados de los siguientes relevamientos organizacionales realizados a nivel global: *2014 Survey on Emotions in Business Decision Making; Now or never - 2016 KMPG Global CEO Outlook; Disrupt and grow - 2017 Global CEO Outlook by KMPG; Guardians of trust. Who is responsible for trusted analytics in the digital age? - 2018 KMPG Report; Growing pains— 2018 Global CEO Outlook by KMPG y Agile or irrelevant: Redefining resilience — 2019 KMPG Global CEO Outlook.*

3.2. El Control de Comportamiento del Uso de las HAPD basadas en modelos.

El análisis estadístico inferencial asociativo de la relación entre la variable Control de Comportamiento del uso de HAPD basadas en modelos y la Intención de Uso de HAPD basadas en modelos muestra que existe una correlación positiva estadísticamente significativa, $r_s(69) = 0,511$, $p < 0,000$ lo que puede ser considerado un tamaño de efecto grande o más grande que el típico de acuerdo a Cohen (1988). Siguiendo el Modelo de Ajzen, se entiende el Control Percibido del Comportamiento como “la medida en la cual la gente cree que puede realizar un determinado comportamiento si está inclinada a hacerlo” [48, p. 446]; es decir, el control que la persona cree tener sobre la realización de un determinado comportamiento. La correlación positiva significa que a medida que el Control de Comportamiento del uso de HAPD basadas en modelos de los integrantes de la organización se incrementa – es decir, se incrementa la creencia subjetiva de los integrantes de la organización de que si deben utilizar una HAPD basadas en modelos no fallarán y

lo harán en forma exitosa— la Intención de Uso de HAPD basadas en modelos también crece. La baja correlación hallada ($R_s^2 = 26\%$) refleja que, aunque está presente como para generar una Intención de Uso, el bajo desarrollo de los factores que soportan el uso de HAPD basadas en modelos limitan su valor. Entre los principales posibles factores identificados, se pueden listar: la habilidad integrativa del usuario del modelo [58, 63, 64]; cambio en las tendencias tecnológicas estratégicas [65]; comprensión creciente del conocimiento sobre los aspectos técnicos de las HAPD [35]; se incrementa el uso de herramientas analíticas de datos [1, 2]; y la potencia de cálculo creciente de computadoras personales que permitirá el uso de HAPD basadas en modelos de mayor complejidad [66-68].

Desde la perspectiva del modelo que describe el proceso de Difusión de la Innovación propuesto por Rogers (1995), los integrantes participantes percibirían que existe un bajo nivel de evidencia que muestre la existencia de resultados observables; la posibilidad de probar la tecnología antes de adoptarla; las competencias requeridas para poder utilizar dicha tecnología por parte del sujeto; y la adecuación de dicha tecnología al contexto cultural del individuo [62]. Esto equivale a decir que sería posible incrementar “la medida en la cual la gente cree que puede realizar un determinado comportamiento si está inclinada a hacerlo” [48, p. 446] si se realizan acciones a nivel organizacional que incluya: la generación de decisiones exitosas basadas en el análisis analítico resultante del uso de dichas herramientas; acciones de capacitación que mejoren las competencias analíticas y de operación de dichas herramientas; y la integración de las HAPD en el proceso de Aprendizaje Organizacional a nivel de individuo y de la organización de modo de cambiar el contexto cultural de los integrantes de la organización. Este hallazgo es consistente con los resultados de los siguientes relevamientos organizacionales realizados a nivel global: *Forrester’s Global Business Technographics® Data and Analytics Survey, 2015*; *PwC’s Global Data and Analytics Survey 2016*; y *Forrester Data Global Business Technographics® Priorities and Journey Survey, 2017*.

Como segunda interacción de la variable Control de Comportamiento del uso de HAPD basadas en modelos, el análisis estadístico inferencial asociativo muestra también que existe una relación estadísticamente significativa entre esta variable y la Actitud hacia el uso de HAPD basadas en modelos. Dicha correlación positiva, $r_s(69) = 0,464$, $p < 0,000$ puede ser considerado un tamaño de efecto grande o más grande que el típico de acuerdo a Cohen (1988). En la misma línea de razonamiento, entendiendo que si el Control de Comportamiento del uso de HAPD basadas en modelos de los integrantes de la organización se incrementa – es decir, se incrementa la creencia subjetiva de los integrantes de la organización de que si deben utilizar una HAPD basadas en modelos no fallarán y lo harán en forma exitosa – la Actitud hacia el uso de HAPD basadas en modelos de los integrantes de la organización se incrementa – es decir, la valoración de las consecuencias de utilizar las HAPD en base a la información disponible se vuelca a favor de su uso – lo que resulta consistente con el modelo explicativo del Comportamiento Planeado que propone Ajzen. Este hallazgo también es consistente con el resultado del relevamiento organizacional a nivel global identificado como *Forrester Data Global Business Technographics® Priorities and Journey Survey, 2017* que muestra que a medida que los ejecutivos incrementan su conocimiento sobre los aspectos técnicos de las herramientas informáticas, se incrementa su confianza en su habilidad para efectivamente interactuar con los aspectos técnicos de la organización [35]. Un segundo relevamiento organizacional a nivel global – también consistente con este hallazgo - identificado como *Growing pains— 2018 KPMG Global CEO Outlook* muestra que los CEOs plantean que quieren entender el origen de los datos que alimentan los modelos predictivos modelos y si dichos datos son confiables [69].

3.3. La Intención de Uso de las HAPD basadas en modelos y el Comportamiento Actual hacia el Uso de HAPD basadas en modelos

El análisis estadístico inferencial asociativo de la relación entre la variable Intención de Uso de HAPD basadas en modelos y el Comportamiento Actual hacia el uso de HAPD basadas en modelos muestra la ausencia de una correlación estadísticamente significativa. Este hallazgo es consistente con la práctica relevada del uso de diferentes herramientas de apoyo a los procesos de decisión en los individuos participantes y con la distribución de valores de la variable Intención de Uso de HAPD basadas en modelos.

El análisis estadístico descriptivo inicial para la Intención de Comportamiento hacia el uso de HAPD basadas en modelos indica que dicha variable varió entre un mínimo de 1.00 (Muy Falso) y un máximo de 7.00 (Muy cierto), en una escala máxima de 7, con un valor promedio de 3.59 y una desviación estándar de 1.59. El valor promedio de la Intención de Comportamiento hacia el uso de HAPD basadas en modelos presenta una distribución unimodal asimétrica desplazada positivamente que no viola la normalidad de la curva por lo que puede considerarse una distribución normal y unimodal como se muestra en la Figura 3. El número de casos (N=71) representa el número de participantes que respondieron el cuestionario en dicha parte. El análisis muestra que el valor promedio no llega al nivel de Neutro o Algo cierto en cuanto a la Intención de Uso.

Numerosos análisis y meta-análisis muestran el poder predictivo de la Teoría de Comportamiento Planeado de Ajzen. En general, cuanto más favorable es la actitud y las normas subjetivas, y cuanto

más elevado sea el control percibido sobre el comportamiento bajo análisis, más fuerte debería ser la intención de realizar un determinado comportamiento [48, 70]. La idea fundamental que sustenta esta teoría es que el comportamiento es guiado por las intenciones. Esto requiere una fuerte correlación entre las intenciones y comportamiento que es moderada por el grado de control que el individuo percibe tener sobre el comportamiento esperado. Una segunda idea subyacente es que un cambio en la intención será seguido por un cambio en el comportamiento. Evidencia del peso de la intención del comportamiento en la variación del comportamiento puede hallarse en análisis tan diferentes como el estudio de actividades de recreación al aire libre ($r = 0,62$) [48] y la motivación de los granjeros para adoptar prácticas de agricultura sostenible [43]. Otros estudios como actividad física; controles de salud; uso ilícito de drogas para jugar video juegos; donación de sangre; y uso de tabaco presentan un rango entre 0,44 a 0,62. Estudios meta – analíticos muestran una correlación promedio de 0,53 entre intención y comportamiento [27].

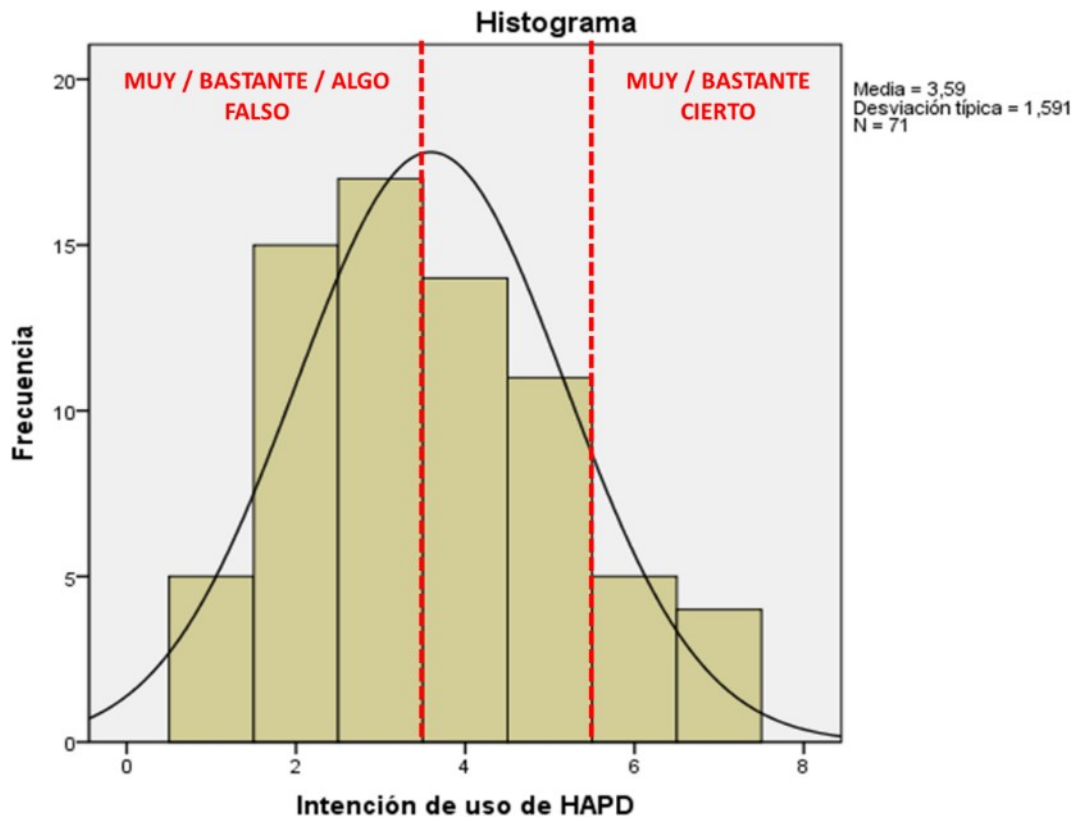


Figura 3 Frecuencia de distribución de la Intención de Uso de Herramientas de Apoyo al proceso de decisión basadas en modelos.

Diversos estudios también sugieren que el comportamiento pasado es un predictor importante de comportamientos futuros [27, 43, 48]. Por ello en el cuestionario se pidió a los participantes que indiquen en qué medida hace uso de diversas herramientas de apoyo a su proceso de decisión (comportamiento). En base al análisis bibliográfico se identificaron herramientas de apoyo de nivel básico (Programas para Gestión de Proyectos y Planilla de Cálculo para análisis de situaciones “¿Qué pasa si?”); herramientas de apoyo de nivel intermedio (Modelado Estadístico; Programas de Análisis de Tendencias y Pronóstico; Sitio Web para Análisis de Tendencias y Pronóstico y Generadores de Árboles de Decisión); y herramientas de apoyo de nivel avanzado (Simuladores para Análisis de Riesgo; Programas de Optimización de stock, niveles de producción, de gestión de cadena de suministro, etc.; Programas de Modelado Financiero para análisis de punto de equilibrio, análisis costo–beneficio, etc.; y Programas Expertos desarrollados para el tipo de problema a analizar). Para medir su aplicación se utilizó una escala tipo Likert con un rango de valores entre 1 (No se utiliza) y 5 (Es la herramienta principal de apoyo).

El análisis estadístico descriptivo inicial mostró: 1) para el Promedio indicativo del uso de herramientas de apoyo de nivel básico indica que dicha variable varió entre un mínimo de 2.00 y un máximo de 4.50, en una escala máxima de 5, con un valor promedio de 3.47 y una desviación estándar de 0.09; 2) para el Promedio indicativo del uso de herramientas de apoyo de nivel intermedio indica que dicha variable varió entre un mínimo de 1.00 y un máximo de 1.50, en una escala máxima de 5, con un valor promedio de 1.15 y una desviación estándar de 0.02; y 3) para el Promedio indicativo del uso de herramientas de apoyo de nivel avanzado indica que dicha variable varió entre un mínimo de 1.00 y un máximo de 2.00, en una escala máxima de 5, con un valor

promedio de 1.18 y una desviación estándar de 0.22. El análisis estadístico inferencial asociativo de la relación entre dichos promedios y el Promedio Ponderado del Uso de HAPD basadas en modelos muestra que existe una correlación positiva entre el Promedio Nivel Básico del uso de HAPD basadas en modelos y el Promedio Ponderado del uso de HAPD basadas en modelos, $r_s(69) = 0,835$, $p < 0,000$ lo que puede ser considerado un tamaño del efecto mucho más grande que el típico de acuerdo a Cohen (1988). También se halla que existe una correlación positiva entre el Promedio Nivel Avanzado del uso de HAPD basadas en modelos y el Promedio Ponderado del uso de HAPD basadas en modelos, $r_s(69) = 0,586$, $p < 0,000$ lo que puede ser considerado un tamaño del efecto grande o más grande que el típico de acuerdo a Cohen (1988). La Figura 4 muestra la distribución de las diferentes herramientas de decisión identificadas en un gráfico de cajas y bigotes. Puede observarse, como muestra el análisis descriptivo, la fuerte preponderancia del uso de herramientas de apoyo básicas en desmedro del uso de herramientas analíticas basadas en modelos. Esto es explicativo y consistente con la ausencia de una correlación estadísticamente significativa entre la variable Intención de Uso de HAPD basadas en modelos y el Comportamiento Actual hacia el uso de HAPD basadas en modelos predicha utilizando el Modelo de la Teoría de Comportamiento Planeado de Ajzen.

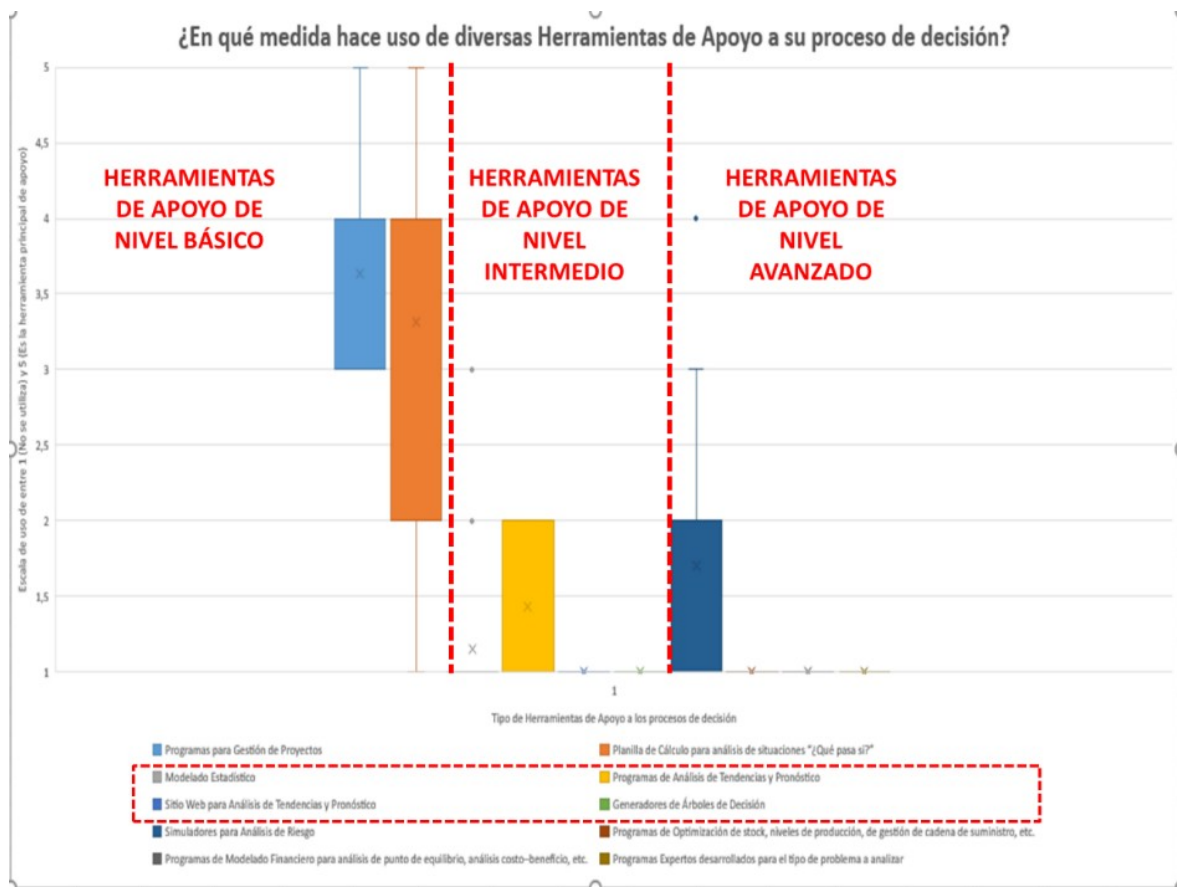


Figura 4 Frecuencia de uso de las diversas Herramientas de Apoyo al proceso de decisión

Este hallazgo es consistente con el resultado del relevamiento organizacional realizado a nivel global por PricewaterhouseCoopers (PwC) titulado *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions™*. En relación al uso de analítica a nivel organizacional y el proceso de decisión, el 8% reportó que la decisión es raramente basada en datos analíticos; 53% reportó que la decisión es en cierta medida basada en datos analíticos, y solo 39% reportó que la decisión es principalmente basada en datos analíticos [2]. Este estudio también muestra que un 35% de los ejecutivos participantes basan sus decisiones en datos internos y analítica; 33% basan sus decisiones en su experiencia e intuición; 25% basan sus decisiones en servicios de consultoría externos y el 7% no sabe/no contesta (p. 2). Finalmente, este estudio muestra que el 59% de los participantes requerirá de juicio crítico humano como base del análisis requerido para su próxima gran decisión frente al 41% que requerirá un análisis basado en algoritmos computarizados [3]. El Modelo Integrativo considerado se muestra en la Figura 5 donde se indica las correlaciones estadísticamente significativas halladas.

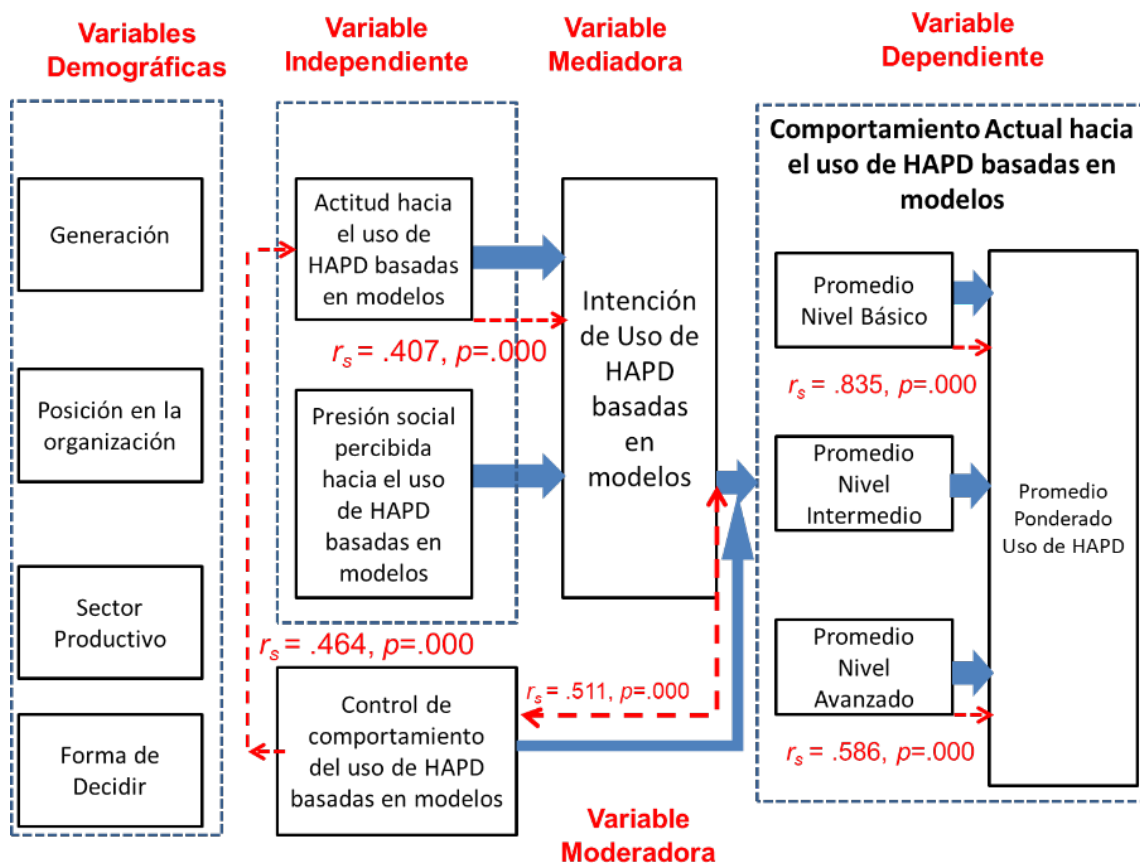


Figura 5 Modelo Integrativo considerado y correlaciones estadísticamente significativas halladas en las variables del Modelo de Comportamiento Planeado.

Fuente: Reproducido de ANZOISE, Esteban, SCARAFFIA, Cristina & CUENCA; Julio (2019). El proceso de difusión de las herramientas de apoyo al proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica y financiera. Estudio descriptivo inicial. Publicado en *El proceso de decisión en organizaciones de base tecnológica. Estudio exploratorio de los límites del uso de herramientas de apoyo al proceso de decisión* (1st ed., Vol. 1, 426 pp., pp. 1-108), On-Demand Publishing LLC: New York, USA. Editado por E. Anzoise - ISBN-13: 978-1089414124.

4. PUNTOS DE APRENDIZAJE Y RECOMENDACIONES.

Desde la perspectiva del estudio de Bleakley y Hennessy que propone un Modelo Integrativo que incluye el efecto de las variables externas o de contexto sobre las creencias de comportamiento, creencias normativas y las creencias de control [42], se han considerado para esta investigación un modelo ampliado de la Teoría de Comportamiento Planeado. La alta predictividad de este modelo ha permitido hallar resultados consistentes con estudios de investigación en el área, así como diversos trabajos de relevamiento de aspectos organizacionales a nivel global. Como primer punto de aprendizaje, se puede destacar el peso de formas de decisión como la intuición y las emociones por sobre el uso de estructuras lógicas y herramientas analíticas basadas en modelos en el conjunto de individuos que participaron de este estudio exploratorio – descriptivo inicial. No obstante ser este hallazgo consistente con la teoría que soporta el Proceso de Decisión Naturalístico [*Naturalistic Decision Making (NDM)*] [4], refleja una situación de desventaja para las PyMEs relevadas por la dificultad implícita para adaptarse al actual contexto de alta complejidad y volatilidad. Esta misma conclusión se puede extraer del relevamiento titulado *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions™* realizado por PricewaterhouseCoopers (PwC). Este reporte destaca el escenario esperado para el año 2020 basado en un contexto de alta velocidad - entendida como el tiempo que requiere para responder una pregunta, decidir, ejecutar y medir el valor creado como resultado – y de alta sofisticación entendida como el alcance y la exactitud de la analítica utilizada para proveer los datos requeridos para decidir [1].

Como segundo punto de aprendizaje, la ausencia de correlación entre la Intención de Uso de las HAPD basadas en modelos y el Comportamiento Actual resulta consistente con el modo de decidir imperante y muestra la potencia de predicción del Modelo de Teoría de Comportamiento Planeado de Ajzen. Como base para futuros estudios, poder identificar los factores que definen el Control de Comportamiento permitiría diseñar acciones concretas a nivel organizacional para promover la difusión de las HAPD basadas en modelos. Esto constituiría una oportunidad para generar estudios

de contexto desde las instituciones de educación superior que ayudarían a las PyMEs a entender la complejidad del mismo, así como la utilidad de aplicar herramientas analíticas para mejorar su posición competitiva y su tasa de supervivencia. Esta conclusión es consistente con los resultados mostrados por los 18 estudios globales comprendidos en el período 2006 – 2019 que muestran que el desafío que representa la incorporación de herramientas analíticas tiene escala global.

Finalmente, como tercer punto de aprendizaje se halla el Control de Comportamiento del uso de HAPD correlaciona (46%) con el tipo de sector económico al cual pertenece la organización. Esto muestra una oportunidad para mejorar el proceso de difusión de estas herramientas en los procesos de decisión al desarrollar acciones de formación ejecutiva en organizaciones del sector de desarrollo de software y del sector metalmecánico los cuales tienen un alto aporte tanto al desarrollo de las exportaciones como al desarrollo del Producto Bruto Geográfico.

Como producto resultante obtenido, este estudio preliminar sirvió de base para desarrollar y testear los ítems para esta investigación piloto que incluye el diseño de un cuestionario cuyo análisis asociativo guiará el desarrollo de un modelo inicial a testear en forma correlacional en una etapa de investigación posterior [40].

5. REFERENCIAS.

- [1] Blase, P.; *et al.* (2016). *Speed and sophistication: Building analytics into your work flows* en *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions* PricewaterhouseCoopers. New York.
- [2] Blase, P.; *et al.* (2016). *Data-driven: Big decisions in the intelligence age*, en *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions* PricewaterhouseCoopers. New York.
- [3] Ariely, D.; Rao, A.; Yager, F. (2016). *The human factor: Working with machines to make big decisions*, en *PwC's Global Data and Analytics Survey 2016: Big Decisions* PricewaterhouseCoopers. New York.
- [4] Mascarenhas, D.R.D.; Smith, N.C. (2011). Developing the performance brain: decision making under pressure, en *Performance Psychology E-Book: A Practitioner's Guide* D.J. Collins, *et al.* Elsevier Health Sciences, . Edinburgh.
- [5] Collins, L.; Carson, H.J.; Collins, D. (2016). "Metacognition and Professional Judgment and Decision Making in Coaching: Importance, Application and Evaluation". *International Sport Coaching Journal*. 3, p. 355 -361.
- [6] Collins, D.; Collins, L.; Carson, H.J. (2016). "'If It Feels Right, Do It': Intuitive Decision Making in a Sample of High-Level Sport Coaches". *Frontiers in Psychology*. 7, Article 504, p. 10.
- [7] Drucker, P.F. (2007). *The Effective Executive*, en *Classic Drucker collection*. 2nd Revised. Elsevier. New York.
- [8] Grünig, R.; Kühn, R. (2013). *Successful Decision-Making. A Systematic Approach to Complex Problems*. 3rd. Springer-Verlag. Berlin
- [9] Hodgson, G.M. (2013). "Understanding Organizational Evolution: Toward a Research Agenda using Generalized Darwinism". *Organization Studies* 34, 7, p. 973-992.
- [10] Nicholson, N.; White, R. (2006). "Darwinism-A new paradigm for organizational behavior?". *Journal of Organizational Behavior*. 27, 2 - Special Issue: Darwinian Perspectives on Behavior in Organizations, p. 111-119.
- [11] Probst, G.; Bassi, A. (2014). *Tackling Complexity. A Systemic Approach for Decision Makers*, Greenleaf Publishing. Sheffield, UK.
- [12] Hannan, M.T.; Freeman, J. (1984). "Structural Inertia and Organizational Change". *American Sociological Review*. 49, 2, p. 149-164.
- [13] Shimabukuro, K. (2016). *Organizational Learning as a Tool for Adaptation in the Oil and Gas Industry*, en *Department of Industrial Economics and Technology Management* Norwegian University of Science and Technology. Trondheim.
- [14] Hatch, M.J. (2004). Dynamics in Organizational Culture, en *Handbook of Organizational Change and Innovation*. M.S. Poole, *et al.* Oxford University Press. Oxford.
- [15] Luhn, H.P. (1958). "A Business Intelligence System". *IBM Journal of Research and Development*. 2, 4, p. 314 - 319.
- [16] Dedić, N.; Stanier, C. (Year). *Measuring the Success of Changes to Existing Business Intelligence Solutions to Improve Business Intelligence Reporting*. 10th International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS 2016). of Conference. Vienna, Austria.
- [17] Kirkland, F. (1865). *Duplicity*, en *Cyclopædia of Commercial and Business Anecdotes: Comprising Interesting Reminiscences and Facts, Remarkable Traits and Humors ... of Merchants, Traders, Bankers ... Etc. in All Ages and Countries*. 1st. D. Appleton and Company. New York.

- [18] Gartner Inc. *Analytics and Business Intelligence (ABI)*. 2019 n.d. [cited 2019 10/27/2019]; Available from: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/business-intelligence-bi>.
- [19] Forrester Research Inc. *Business Intelligence*. 2019 n.d. [cited 2019 10/27/2019]; Available from: <https://www.forrester.com/Business-Intelligence#>.
- [20] Chuah, M.-H.; Wong, K.-L. (2011). "A review of business intelligence and its maturity models ". *African Journal of Business Management* 5, 9, p. 3424-3428.
- [21] Rayner, N.; Schlegel, K. (2008). *Maturity Model Overview for Business Intelligence and Performance Management*, Gartner, Inc. Stamford, CT 06902 USA.
- [22] Duncan, A.D.; Howson, C. (2015). *ITScore Overview for BI and Analytics*, Gartner, Inc. Stamford, CT 06902 USA.
- [23] Fleming, J.H.; Harter, J.K. (2009). *The Next Discipline. Applying Behavioral Economics to Drive Growth and Profitability*, Gallup, Inc. . Washington, DC.
- [24] Brown, B.; et al. (2017). *Capturing value from your customer data*, en *McKinsey Analytics* McKinsey & Company.
- [25] Perrey, J.; et al. (2014). *Capturing value from your customer data*, en *Marketing Practice* McKinsey & Company.
- [26] Gartner, I. *Gartner Data Shows 87 Percent of Organizations Have Low BI and Analytics Maturity*. 2018 December 6, 2018 [cited 2019 28/10/2019]; Available from: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-12-06-gartner-data-shows-87-percent-of-organizations-have-low-bi-and-analytics-maturity>.
- [27] Armitage, C.J.; Conner, M. (2001). "Efficacy of the Theory of Planned Behaviour: A Meta-Analytic Review". *British Journal of Social Psychology*. 40, p. 471-499.
- [28] Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of Innovation*, Simon and Schuster. New York, NY.
- [29] Lewin, K. (1947). "Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change". *Human Relations*. 1, 5, p. 38.
- [30] Burnes, B. (2004). "Kurt Lewin and the Planned Approach to Change: A Re-appraisal". *Journal of Management Studies* 41, 6, p. 977-1002.
- [31] Cummings, T.G.; Worley, C.G. (2007). *Desarrollo Organizacional y Cambio*. 8. Cengage Learning Editores.
- [32] Burton, B.; Panetta, K. (2017). *Eight Dimensions of Business Ecosystems Enable the Digital Age* Gartner, Inc. Stamford, CT, USA.
- [33] Chandler, N.; et al. (2011). *Gartner's Business Analytics Framework*, Gartner, Inc. Stamford, CT, USA.
- [34] Deloitte Touche Tohmatsu Limited. (2019). *The Deloitte Global Millennial Survey 2019*, Deloitte Touche Tohmatsu Limited. New York, NY.
- [35] Halliday, R.; et al. (2017). *Forrester Data Global Business Technographics® Priorities And Journey Survey, 2017: Overview*, Forrester Research, Inc. Cambridge, MA.
- [36] Cámara Argentina de Comercio y Servicios. (2018). *Las Pymes: antídoto contra la pobreza*, Cámara Argentina de Comercio y Servicios. Buenos Aires.
- [37] Espacio CAME. (2017). *La economía PyME en 2018*, en *PYMEEspacio CAME*. Buenos Aires.
- [38] Espacio CAME. (2018). *PYMES que llegan al mundo*, en *PYMEEspacio CAME*. Buenos Aires.
- [39] Roset, N. (2019). *¿Se están sustituyendo importaciones en Argentina?*, en *El Cronista Comercial* El Cronista Comercial. C.A.B.A.
- [40] Easterby-Smith, M.; Thorpe, R.; Jackson, P.R. (2015). *Management and Business Research*. 5th. Sage. Los Ángeles, USA.
- [41] Cooper, D.R.; Schindler, P.S. (2014). *Business Research Methods*, en *Operations and Decision Sciences - Business Research Methods*. 12. McGraw-Hill/Irwin. New York, NY.
- [42] Bleakley, A.; Hennessy, M. (2012). "The Quantitative Analysis of Reasoned Action Theory". *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*. 640, 1 *Advancing Reasoned Action Theory*, p. 28-41.
- [43] Menozzi, D.; Fioravanzì, M.; Donati, M. (2015). "Farmer's motivation to adopt sustainable agricultural practices". *Bio-based and Applied Economics*. 4, 2, p. 125-147.
- [44] Robbins, S.P.; Coulter, M. (2005). *Toma de Decisiones: la esencia del trabajo del gerente*, en *Administración*. M.d. Anta. 8. Pearson Educación de México, S.A. de G.V. México.
- [45] Robbins, S.P.; Coulter, M. (2012). *Managers as Decision Makers* en *Management*. S. Yagan. 11. Prentice Hall. Boston.
- [46] Etikan, I.; Musa, S.A.; Alkassim, R.S. (2016). "Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling". *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. 5, 1, p. 1-4.
- [47] Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias (SEFyC). (2018). *Información de Entidades Financieras. Enero 2018*, Banco Central de la República Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

- [48] Ajzen, I. (2012). The Theory of Planned Behavior, en *Handbook of Theories of Social Psychology*. P.A.M. Lange, et al. Sage. London, UK.
- [49] KPMG International. (2017). *Disrupt and grow - 2017 Global CEO Outlook*, en *CEO Outlook*. 1st. KPMG International Cooperative. Swiss.
- [50] KPMG International. (2019). *Agile or irrelevant: Redefining resilience — 2019 Global CEO Outlook*, en *CEO Outlook*. 1st. KPMG International Cooperative. Swiss.
- [51] KPMG International Data & Analytics. (2018). *Guardians of trust Who is responsible for trusted analytics in the digital age? - KPMG Report 2018* en *CEO Outlook*. 1st. KPMG International Cooperative. Swiss.
- [52] Juneja, P. (2018). *Limitations & Disadvantages of Decision Support Systems*.
- [53] Sharda, R.; Barr, S.H.; McDonnell, J.C. (1988). "Decision Support System Effectiveness: A Review and an Empirical Test". *Management Science*. 34, 2, p. 139-159.
- [54] Singh, S.K. (1999). Toward an Understanding of EIS Implementation Success, en *Measuring Information Technology Investment Payoff: Contemporary Approaches*. M.A. Mahmood, et al. 1st. Idea Group Inc (IGI). Hershey, PA.
- [55] Liu, Y.; Lee, Y.; Chen, A.N.K. (2011). "Evaluating the effects of task-individual-technology fit in multi-DSS models context: A two-phase view". *Decision Support Systems*. 51, 3, p. 688-700.
- [56] Lilien, G.L.; Rangaswamy, A. (2004). *Marketing Engineering: Computer-assisted Marketing Analysis and Planning*, DecisionPro, Inc. Victoria, B.C.
- [57] Stern, D. (Year). *Increasing acceptance of managers for the use of marketing decision support systems. Australian and New Zealand Marketing Academy Conference*. of Conference. Adelaide, Australia.
- [58] Al-Mamary, Y.H.; Alina Shamsuddin; Aziati, N. (2013). "The Impact of Management Information Systems Adoption in Managerial Decision Making: A Review ". *Management Information Systems*. 8, 4, p. 010-017.
- [59] Hartman, J.; Becker, C. (2014). *Only Human: The Emotional Logic of Business Decisions*., FORTUNE Knowledge Group & gyro:. New York.
- [60] Schultz, R.L.; Henry, M.D. (1981). Implementing Decision Models, en *Marketing Decision Models*. R.L. Schultz, et al. Elsevier Science Publishing Co. New York.
- [61] Ram, S. (1987). "A Model of Innovation Resistance". *Advances in Consumer Research*. 14, p. 208-212.
- [62] Rogers, E.M. (1995). *Diffusion of Innovation*. 4th. Free Press. New York, NY.
- [63] Zoltners, A.A. (1981). Normative Marketing Models, en *Marketing Decision Models*. R.L. Schultz, et al. Elsevier Science Publishing Co. New York.
- [64] Aldhmour, F.M.; Eleyan, M.B. (2012). "Factors Influencing the Successful Adoption of Decision Support Systems: The Context of Aqaba Special Economic Zone Authority". *International Journal of Business and Management*. 7, 2.
- [65] Gillespie, P.; et al. (2018). *Magic Quadrant for Digital Commerce*, Gartner, Inc. Stamford, CT, USA.
- [66] Panetta, K. (2018). *Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019*, Gartner, Inc. Stamford, CT, USA.
- [67] Marr, B. (2017). *9 Technology Mega Trends That Will Change The World In 2018*.
- [68] Dedrick, J.; Kraemer, K.L. (2008). *Globalization of Innovation: The Personal Computing Industry*, en *Sloan Industry Studies Annual Conference* Alfred P. Sloan Foundation. Boston, MA.
- [69] KPMG International. (2018). *Growing pains— 2018 Global CEO Outlook*, en *CEO Outlook*. 1st. KPMG International Cooperative. Swiss.
- [70] Ajzen, I. (1991). "The Theory of Planned Behaviour". *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50, p. 179-211.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las empresas pertenecientes al sector metalmecánico en la provincia de Mendoza; del Polo Tic de las provincias de Mendoza y Santa Fe; y al Clúster Eólico Argentino de la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPIBIC) que aceptaron participar de este estudio. Finalmente, nuestro agradecimiento al financiamiento provisto por la Universidad Tecnológica Nacional a través del Proyecto de Investigación TOUTNME0004092 sin el cual este relevamiento no hubiera podido realizarse.

Contenido “Gestión de Operaciones y Logística”

Contenido “Gestión de Operaciones y Logística”	299
Metodología de trabajo diseñada para la optimización de la gestión de inventarios aplicada a la Cooperativa 1º de Agosto.....	300
“Análisis predictivo de lotes agrícolas para la siembra de soja”	311
Un problema de secuenciación en un entorno de producción <i>just-in-time</i> resuelto mediante un procedimiento metaheurístico	317
Madurez del almacén de suministros de una institución pública de salud	326
Modelado y simulación de eventos discretos de un sistema de producción textil para evaluación del desempeño de una línea de producción	335
Simulación de un proceso de logística de salidas con aplicaciones en la nube computacional e internet de las cosas.....	347
La mezcla de producción aplicando la Programación por Metas y el Proceso Analítico de Jerarquías	359
Nuevas tecnologías informáticas para la sustentabilidad logística con soporte criptográfico y mediadas por aplicaciones móviles y web, reingeniería en código abierto.	369
Un estudio comparativo de algoritmos metaheurísticos sobre instancias reales de problemas de recolección de RSU.....	379
Análisis de la cadena de suministros de una PyME marplatense, en el contexto de la gestión de la innovación tecnológica	389
Redes Neuronales como herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial – Segunda etapa: Mejora del pronóstico.	400
Desarrollo de fórmulas para la medición de operaciones. Caso de aplicación en una Industria de muebles y accesorios de la Región Centro.....	410
Aplicación de la teoría de grafos y la programación lineal en la planificación de recolección de basura	421
“Análisis y selección de lotes y plantas de secado para la exportación utilizando programación lineal”	433
Metodología basada en reportes de siniestros para la optimización de la gestión Municipal sobre seguridad vial.	444



Metodología de trabajo diseñada para la optimización de la gestión de inventarios aplicada a la Cooperativa 1º de Agosto.

Couselo Romina¹, Marcelo Tittoñel², Romina Pesch³, Ignacio Garrido⁴, Eduardo Williams⁵, Gabriel Crespi⁶, Manuela Pendón⁷, Natalia Cibeira⁸

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.
romina.couselo@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

La crisis económica generó la desindustrialización y la contracción del mercado interno, que trajo aparejado un crecimiento exponencial del desempleo, la exclusión social y consecuentemente la aparición de nuevos movimientos sociales como las empresas recuperadas.

Las empresas recuperadas son una herramienta de inclusión social para que los trabajadores y familias puedan conservar la fuente laboral. Se pueden identificar como empresas cuyos trabajadores, ante la quiebra o cierre del establecimiento, deciden tomarla y volverla a poner en funcionamiento bajo la forma jurídica de cooperativa de trabajo. Estas cooperativas adoptan mecanismos de trabajo específicos para su administración y gestión debido a la naturaleza de las mismas. La autogestión y la nueva forma de trabajo conlleva, muchas veces, a necesitar asistencia profesional. Esta asistencia es, en ocasiones, brindada por alumnos gracias a vínculos entre estas cooperativas y las universidades.

Entre las problemáticas que presentan las cooperativas se prioriza, para la elaboración del presente proyecto, la falta de una gestión de inventario eficiente en las líneas de producción.

Por lo que el objetivo, es diseñar una metodología de trabajo para optimizar la gestión de inventarios de una cooperativa de trabajo de empresa recuperada, que permita a quienes llevan adelante dicha gestión, realizar las tareas de manera eficiente y así facilitar la toma de decisiones. Para desarrollar esta metodología, se analizan y determinan los parámetros que se ponen en juego en la gestión de inventario, teniendo en cuenta las características particulares de una cooperativa de trabajo de empresa recuperada llamada 1º de Agosto, además de aplicarse técnicas y herramientas administrativas que optimizan la operatoria de la organización.

Palabras Clave: Cooperativas, Inventario, Optimizar, Metodología, Universidades.

ABSTRACT

The economic crisis resulted in deindustrialization and contraction of the domestic market activity, increasing dramatically unemployment, social exclusion, and consequently giving way to the emergence of new social movements such as recovered companies.

Recovered companies are a social inclusion tool, that allows workers and families to keep their labour source. They can be defined as companies whose workers, after the company's bankruptcy or closure, decide to take it over and put it back into operation under the legal form of a worker cooperative.

These co-ops adopt specific work mechanisms for their administration and management due to their nature. Self-management and the new way of working, often require professional assistance. This assistance is, in some cases, provided by students thanks to institutional bonds created between these cooperatives and the universities.

This project aims at tackling the lack of efficient inventory management in the production lines, which is one of the main concerns these workers co-ops have to deal with.

Therefore, the objective is to design a work method to optimize the inventory management of a recovered company co-op, to allow those who carry out such management, to perform tasks efficiently and facilitate decision making.

To develop this methodology, parameters involved in inventory management are determined and analyzed, taking into consideration the particular features of the worker cooperative "1 de Agosto", in addition to applying administrative techniques and tools that optimize the operation of the organization.

1. INTRODUCCIÓN

Las universidades se han visto en la necesidad de brindar herramientas que permitan a los alumnos poner en práctica los conocimientos adquiridos durante su formación académica, y, a su vez, contribuir al desarrollo social. A su vez, las cooperativas de trabajo de empresas recuperadas, persiguen satisfacer, en las mejores condiciones, las necesidades y aspiraciones comunes a todos los asociados, ya sean, económicas, sociales o culturales. Para poder llevar a cabo su objetivo, las cooperativas deben lograr niveles de competitividad similares a los de cualquier empresa ya que, al igual que ellas, llevan sus productos y/o servicios a un mercado común, lo que lleva a la necesidad de requerir asistencia profesional.

Tomando en cuenta la realidad que atraviesa cada organización, es importante desarrollar un espacio de intercambio y vinculación entre ambas que permite, por un lado, a la Facultad, ofrecer a sus alumnos el ámbito propicio para la puesta en práctica de los conocimientos absorbidos en su formación, y por el otro, a las cooperativas, recibir la ayuda profesional necesaria para mantenerse en estado competitivo en el mercado.

En la Facultad de Ingeniería de la UNLP se encuentra el Departamento Ingeniería de la Producción que nuclea a la carrera de ingeniería industrial y de la cual depende la Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia de Formulación y Evaluación de Proyectos (UIDET FyEP). Tal Unidad, creada en el año 2013, tiene como finalidad primordial la búsqueda de nuevos conocimientos en la temática, a través de la realización de tareas de investigación y, subsidiariamente, la contribución a la formación de recursos humanos altamente capacitados para la investigación, así como la transferencia y difusión de los conocimientos, producto de su labor.

Dentro de las tareas de extensión se firma un convenio con FECOOTRA – Federación de Cooperativas de Trabajo de la República Argentina - desde diciembre 2018, para la realización de asesoramiento técnico, colaboración y capacitación a las cooperativas asociadas, dentro de las cuales se encuentra 1º de Agosto Ltda. Es una cooperativa de trabajo que se conformó en el año 2015 luego de que Visteon S.A. cerrara sus puertas en la planta ubicada en la localidad de Quilmes. La empresa Visteon S.A. se dedicaba a la producción de radiadores y mangueras de aluminio para dos modelos de la automotriz Ford. Cuando esta empresa cerró, algunos de sus empleados decidieron continuar trabajando en la organización, formando una cooperativa de trabajo de empresa recuperada.

Actualmente, la cooperativa cuenta con 29 socios y se dedica a la producción de agua desmineralizada para uso industrial y a la producción de mangueras y radiadores de aluminio para los automotores. Además, la cooperativa ofrece servicios de mecánica general, chapa y pintura, arenado, pintura epoxi y herrería.

Mediante el acuerdo entre la Facultad y FECOOTRA, y el impulso dado por la UIDET FyEP de trabajar en el marco del proyecto de extensión con las cooperativas, se lleva adelante la posibilidad de que algunos alumnos del último semestre de la carrera de ingeniería industrial, tengan la posibilidad de realizar sus Prácticas Profesionales Supervisadas PPS en este proyecto dentro de la cooperativa 1 de Agosto.

El proyecto surge a partir de la observación de una gestión administrativa ineficiente fundada en el derroche de servicios y mal uso de recursos, principalmente materiales, en algunos de los sectores de la cooperativa. Debido a que el sector de producción de agua desmineralizada es el más significativo para la cooperativa en cuanto a ingresos de los sectores identificados con esta ineficiencia, se decide diseñar una metodología que optimice la gestión de inventarios del sector antes mencionado para la cooperativa 1 de Agosto, a modo de pronta solución a este problema.

Para desarrollar dicha metodología se aplica la teoría de gestión de inventarios incorporada por los estudiantes en las cátedras del plan de estudio correspondientes, estudiada para grandes empresas y empresas medianas consolidadas, adecuándola según sea necesario al caso de una pequeña organización, caracterizada por la ausencia de gestión administrativa, personal no profesional, escasos conocimientos de manejo de recursos ya sean materiales como humanos, y movimiento de un pequeño número en stocks.

2. OBJETIVO

El objetivo es diseñar una metodología de trabajo para optimizar la gestión de inventarios de una cooperativa de trabajo de empresa recuperada, que permita a quienes llevan adelante dicha gestión, realizar las tareas de manera eficiente y así facilitar la toma de decisiones.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Cooperativa de empresa recuperada 1º de Agosto

Las empresas recuperadas son aquellas empresas en quiebra, cierre y/o con importantes incumplimientos de contratos salariales y que, por consecuencia, sus trabajadores han tomado el cargo y son puestas a producir por ellos, con el objeto de hacer frente al desempleo.

Las cooperativas de trabajo son asociaciones de personas que se reúnen para trabajar en común, con el esfuerzo mancomunado de todos, con el fin de mejorar su situación social y económica, dejando de ser asalariados para transformarse en dueños de su propio destino, poniendo el capital y el trabajo al servicio del hombre, revirtiendo la modalidad de otros tipos de empresas y trayendo paños fríos a la situación actual.

En Argentina se registran 368 empresas autogestionadas por más de 15.323 trabajadores. La forma jurídica utilizada en la gran mayoría de los casos es la cooperativa de trabajo, pero no es excluyente. Lo fundamental es la forma colectiva de gestión.

3.2. Gestión de inventario

3.2.1. Importancia de los stocks

Cualquier tipo de empresa, sea grande, mediana, o pequeña, necesita del aprovisionamiento y con ello, la existencia de inventarios. Tradicionalmente los inventarios han sido vistos dentro de la gestión empresarial como una mal necesario para garantizar la continuidad de su actividad fundamental; sin embargo, la gestión empresarial actual está necesitada de una buena gestión de los inventarios, donde debe primar el criterio de mantener las cantidades mínimas necesarias que garanticen la continuidad de todo el flujo en la cadena logística y que permita absorber el impacto de la variabilidad e incertidumbre asociada a la operación, garantizando la máxima satisfacción del cliente. Sin lugar a dudas, una buena administración de los inventarios es esencial para el funcionamiento exitoso de las organizaciones y resulta ser una de las áreas donde más factible es la reducción de costos sin reducir los ingresos, elemento este de vital importancia para la subsistencia de la organización en los tiempos modernos.

La necesidad de los stocks en la empresa se produce tanto en el aprovisionamiento como en la distribución. En el primer caso, los materiales deben estar disponibles para incorporarse al proceso de fabricación en el momento que son requeridos. Normalmente, la fabricación de un producto conlleva la necesidad de almacenar materias primas, componentes, envases, etc. En el segundo caso, la necesidad de almacenamiento surge porque el ritmo al que se producen los bienes en la empresa y el ritmo de la demanda de estos bienes en el mercado son diferentes, y los stocks actúan como un mecanismo regulador entre ambos. Además, existen otras razones que justifican la existencia de stocks. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Las empresas obtienen descuentos al realizar pedidos más grandes, por lo que la compra de productos o materiales por encima de las necesidades implica el almacenamiento de mayor cantidad de stock. Estos descuentos en determinados casos compensan los mayores gastos de almacenaje al aumentar el stock.
- Ante la previsión de una subida de precios, se acumulan stocks para disminuir los costes de los productos. Al igual que ocurre con el caso anterior, este ahorro debe compensar el incremento de los costes que supone almacenar un mayor volumen de stock.
- Un posible retraso en los suministros de los proveedores.
- Oscilaciones en la demanda.

3.2.2. Nivel de servicio, demanda de los productos y pronósticos.

La cantidad de stock que las empresas deben tener almacenada está relacionada con el nivel de servicio que esperan ofrecer a los clientes. Se entiende por nivel de servicio la capacidad que tiene un establecimiento para atender la demanda de los clientes en el momento que solicitan los productos.

Para poder calcular el nivel de servicio que las empresas desean ofrecer a sus clientes, estas deben realizar previsiones sobre la demanda que tendrán. El tipo de demanda que tenga un producto influirá en la fiabilidad de la previsión de ventas de la empresa. Se puede clasificar la demanda de un producto en los siguientes tipos:

- Demanda regular o estable. Aquella que se presenta de forma constante en un determinado periodo de tiempo.
- Demanda estacional. Aquella que se presenta en determinados momentos del año.
- Demanda con tendencia creciente o decreciente. Aquella que presenta una tendencia ascendente o descendente a lo largo del tiempo.
- Demanda irregular. Aquella en la que no se puede encontrar un patrón que se repita.

Cuando la demanda es inestable y hay incertidumbre respecto a su comportamiento, es necesario realizar pronósticos, que permitan determinar los valores de ventas en un periodo futuro. El método más sencillo y el más empleado es el Promedio Móvil Simple. Éste consiste en atenuar los datos al obtener la media aritmética de cierto número de datos históricos para obtener con este el pronóstico para el siguiente periodo. El número de datos a tomar en cuenta para calcular el promedio es una decisión de la persona que realiza el pronóstico.

3.2.3. Tipos de stocks

Los stocks se pueden clasificar según diferentes criterios, a continuación, se listan los diferentes tipos de stocks que surgen tras considerar el tipo de material del que se trate:

- Producto terminado: Stock del producto final destinado a la venta
- Material de acondicionamiento: Stock de envases, embalajes, elementos de protección, etc.
- Materia prima: Materiales que se someterán a un proceso de transformación para realizar el producto final.
- Materiales en curso: Materiales utilizados en el proceso de fabricación.
- Componentes: Productos acabados que se incorporan al proceso de fabricación de otro producto.
- Subproductos: Residuos o desechos originados en la fabricación de un producto.

3.2.4. Gestión de Stocks y Punto de Pedido

La gestión de los stocks trata de garantizar que los costes derivados de la tenencia de los mismos sean los mínimos, almacenando la menor cantidad posible de cada referencia y, a la vez, trata de garantizar el servicio al cliente procurando evitar situaciones indeseadas de roturas de stock. Por ello, debe dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuál es el nivel de stock presente en el almacén de cada una de sus referencias? ¿Cuál es el momento óptimo de realizar los pedidos para reponer stocks? ¿Cuál es la cantidad de producto a solicitar en cada pedido?

Un sistema de gestión de stocks permite a la empresa fijar estas variables de la mejor manera posible.

El punto de pedido es el momento en la que se debe realizar un pedido concreto. El nivel de existencias llega a cierta cantidad que indica la necesidad de hacer el pedido.

Las principales ventajas de conocer el punto de pedido son: por un lado, disponer de producto en cantidad suficiente para abastecer a la demanda, y por el otro, reducir los gastos generales al evitar invertir en existencias excedentes.

El punto de pedido ayuda a determinar un punto en el que tiene suficiente inventario para poder responder a la demanda mientras se espera la llegada del próximo pedido. Para poder calcularlo es necesario conocer: la demanda de tiempo de entrega, obtenida al multiplicar el tiempo de entrega por la demanda diaria promedio; y el stock de seguridad.

El stock de seguridad es un término empleado para describir el nivel extra de existencias que se mantienen en almacén para hacer frente a las variaciones de la demanda, suministro o producción.

4. RESULTADOS

4.1. Organización del Trabajo

Para organizar el trabajo, se realizan diferentes reuniones entre los actores involucrados. De las reuniones entre alumnos, se desprenden:

1. Las necesidades y problemáticas de la cooperativa.
2. Los objetivos a cumplir.
3. Las alternativas de posibles soluciones.
4. Un criterio para definir las prioridades que permitan dar un orden para poder planificar las actividades.
5. Los recursos a utilizar para cumplir los objetivos planteados.

Luego, se organizan reuniones entre docentes y alumnos, donde se desprende la planificación de las actividades.

1. Se definen los días de visita a las cooperativas.
2. Se organizan los grupos de trabajo de alumnos que van a realizar viajes a la cooperativa - trabajo de campo- y aquellos que van a trabajar desde la facultad- trabajo de investigación, informes, etc.
3. Se definen las actividades a realizar semanalmente, acciones futuras.
4. Se acuerdan reuniones entre docentes y los grupos de alumnos para ver el grado de avance, resultados obtenidos, dificultades, consulta de inquietudes, controles, redefinición de tareas o actividades. Y para definir las próximas líneas de acción.

En paralelo, se generan reuniones entre docentes y FECOOTRA para presentar el grado de avance, los resultados obtenidos y próximas tareas a llevar adelante.

El presente trabajo se realizó con la información obtenida de la Cooperativa, tanto de forma cualitativa, por observación directa y entrevistas con directivos y empleados, como de forma cuantitativa, por la información obtenida tras el trabajo de la información proporcionada.

4.2. Trabajo en la cooperativa metalúrgica 1º de Agosto

4.2.1. Visitas y relevamiento realizado

En la primera visita a la cooperativa, los alumnos, acompañados de un docente de la universidad, reciben una inducción a la cooperativa, es decir, algunos de sus socios se encargan de explicar cómo es su distribución de trabajo, cuáles son sus futuros proyectos y mostrar los diferentes sectores con los que cuentan.

Para cumplir con los objetivos planteados, se realiza un relevamiento general de la organización teniendo en cuenta la cantidad de puestos, sus funciones y la cantidad de empleados, las maquinarias, la distribución física, y los productos y servicios que ofrecen. Además, se realiza un relevamiento del contexto en el que se encuentra sumergida la organización, considerando el mercado donde compete, las normativas legales, políticas y ambientales.

A partir de esto, se indaga en cada uno de los sectores sobre las actividades realizadas en ellos, la administración de sus recursos y la gestión de su stock, permitiendo conocer de un modo más amplio, cuáles son los productos que ofrecen y los procesos necesarios para obtenerlos, así como también, cuáles son los servicios y de qué manera se brindan.

Por último, se releva información de la marca, la función, las características físicas y los parámetros principales de las distintas maquinarias involucradas en los distintos procesos realizados por la cooperativa. Esto posibilita tener un conocimiento más abarcativo de los procesos productivos y de la distribución física de la planta.

4.2.2. Problemáticas detectadas

A medida que se fueron desarrollando las actividades dentro de la cooperativa, se han ido identificando distintas problemáticas que tienen que ver con:

- la organización del trabajo,
- la gestión administrativa y
- los métodos de producción.

Estas problemáticas han sido detectadas a partir de la observación de los alumnos, así como también del aporte de algunos miembros de la cooperativa, quienes se encuentran con ellas en sus actividades diarias.

Dentro de las problemáticas identificadas, las que se consideran más importantes son:

- la ineficiencia de los procesos productivos,
- la falta de control de stock y la mala administración de inventario,
- el cálculo incorrecto de los costos reales de sus actividades,
- la falta de mantenimiento en sus equipos e instalaciones, y
- el desconocimiento presente del mercado consumidor y competidor.

La ineficiencia de los procesos productivos se evidencia al observar los largos tiempos productivos debido a máquinas instaladas incorrectamente y/o en mal funcionamiento, los largos tiempos ociosos de los trabajadores, la mala distribución de las tareas entre los trabajadores de un sector, el derroche de los insumos y los servicios, y la mala distribución física de la planta.

Se observó que la organización no llevaba adelante un control de ningún tipo de stock (materia prima, producto terminado, producto intermedio, materiales de acondicionamiento, etc), lo que traía como consecuencia el incumplimiento de pedidos al cliente, un mal cálculo del costo anual de almacenaje e incertidumbre en cuanto a cuándo realizar los pedidos de los insumos.

Se observa que ninguno de los sectores de la cooperativa posee una forma para determinar costos de manera correcta, ya que todos lo hacen por estimación, principalmente porque desconocen los costos que realmente están involucrados en cada uno de los procesos

Al tratarse de una cooperativa de empresa recuperada, la mayor parte de las maquinarias y de las instalaciones son antiguas o no se encuentran funcionando plenamente, es por eso que toma real importancia la aplicación de planes de mantenimiento preventivo que eviten la rotura de las mismas y, por consiguiente, prevenga una parada productiva y/o un accidente laboral, situación que no se cumple en la actualidad dentro de la cooperativa.

Por último, como es característico de las cooperativas, que necesitan producir y comercializar de manera inmediata para lograr sobrevivir en el mercado, se lanzan al mismo sin tener en consideración las necesidades del mercado consumidor ni quienes integran el mercado competidor.

4.3. Elaboración de la metodología

Dentro de las problemáticas mencionadas en el apartado previo, se priorizó dar solución a la ineficiente gestión administrativa basada en el derroche y mal uso de recursos, en el sector de producción de agua desmineralizada debido a su importancia en cuanto a ingresos para la cooperativa y la cantidad de insumos que utiliza.

Para esto se diseñó una metodología que agrega en primera instancia una gestión de control de stock, y luego, una disposición de los inventarios para su correcto manejo y almacenaje.

4.3.1. Control de stock

Para trabajar con el control de stock se confecciona una planilla de Excel, la cual permite obtener un control y registro de cuándo y cuánto ingresa y egresa del stock, así como también cuándo se debe ejecutar el pedido de insumos y materiales de acondicionamiento y cuánto debe pedirse, de una manera sencilla y automatizada.

Esto permite a la cooperativa hacer frente al problema de falta de control de stock y mala administración, permitiendo tener una mejor relación con el cliente a partir de un mayor grado de cumplimiento y un mejor control de proveedores.

Como resultado se obtuvo un libro de Excel, el cual cuenta con ocho hojas:

- En la primera hoja denominada “Carga de Inventario”, se encuentran dos tablas, una para insumos productivos (Ilustración 1) y otra para materiales de acondicionamiento (Ilustración 2), cada una tiene listados los distintos elementos que las integran. Para realizar la carga del elemento que ingresa al almacén, el operario debe cargar la fecha de recepción y la cantidad recibida en el renglón correspondiente y pulsar el botón “Agregar elemento”.

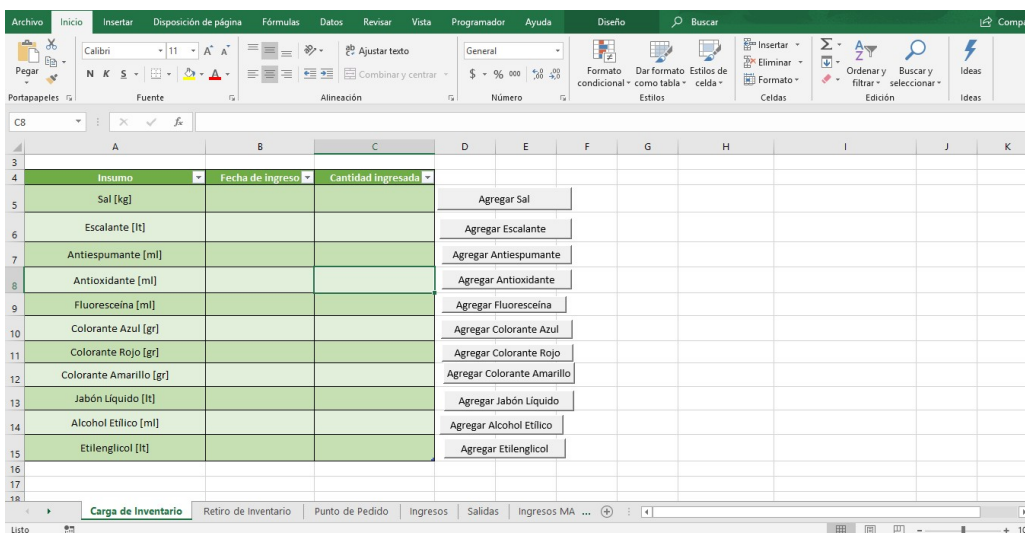


Ilustración 1: Tabla de ingreso de insumos productivos

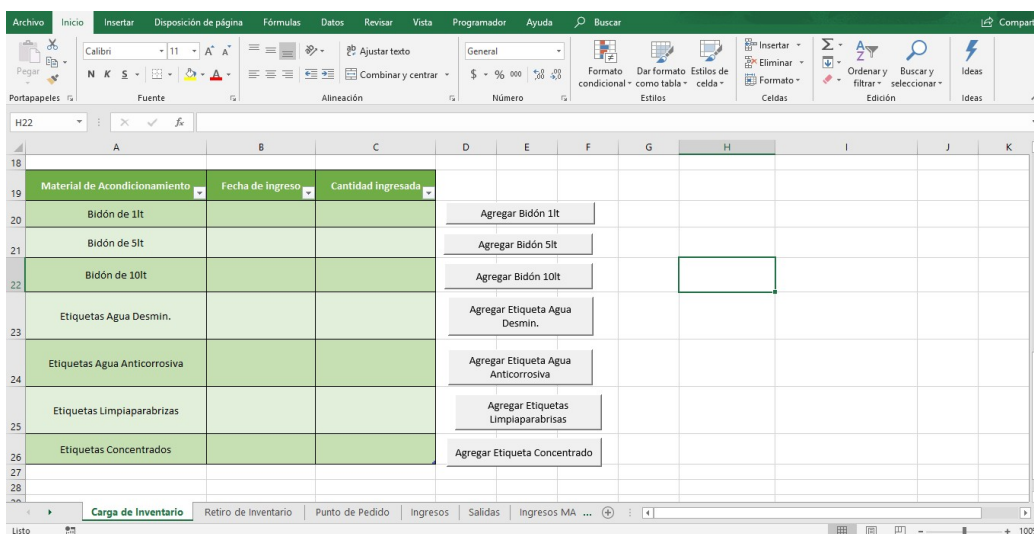


Ilustración 2: Tabla de ingreso de materiales de acondicionamiento

- La segunda hoja se denomina “Retiro de inventario” y funciona de la misma manera que la anterior, con la diferencia que el usuario deberá poner la cantidad retirada del elemento y la fecha en la cual se retiró. Además posee una columna más donde muestra la cantidad disponible en stock del elemento que el operario puede retirar en ese momento, teniendo en cuenta el stock de seguridad. Cuando la cantidad disponible es cero, la celda correspondiente al elemento se pone color rojo, indicando al operario que debe comunicarse con el proveedor y hacer otro pedido, como se muestra en las Ilustraciones 3 y 4 para los elementos antioxidante, fluoresceína y bidones de 10 litros. La Ilustración 3 muestra la tabla de retiro de insumos, mientras que la Ilustración 4 muestra la tabla para retiro de materiales de acondicionamiento.

Insumo	Fecha de retiro	Cantidad retirada	Cantidad Disponible
Sal [kg]			50
Escalante [lt]			1
Antiespumante [ml]			753
Antioxidante [ml]			0
Fluoresceína [ml]			0
Colorante Azul [gr]			274
Colorante Rojo [gr]			365
Colorante Amarillo [gr]			455
Jabón Líquido [lt]			1,95
Alcohol Etilico [ml]			357
Etilenglicol [lt]			11

Ilustración 3: Tabla para retirar insumos productivos

Material de Acondicionamiento	Fecha de retiro	Cantidad retirada	Cantidad disponible
Bidón de 1lt	20-jul	25	42
Bidón de 5lt			69
Bidón de 10lt			0
Etiquetas Agua Desmin.			844
Etiquetas Agua Anticorrosiva			591
Etiquetas Limpiaparabrisas			932
Etiquetas Concentrados	20-jul	25	984

Ilustración 4: Tabla para retiros de materiales de acondicionamiento

- En la tercera hoja, denominada “Ingresos” se realizará de forma automática un listado de los insumos ingresados sin tener en cuenta los materiales de acondicionamiento, con su correspondiente fecha y cantidad ingresada (Ilustración 5).

Insumo	Fecha	Cantidad Ingresada
Antioxidante [ml]	15/7/2019	10000
Fluoresceína [ml]	15/7/2019	50
Sal [kg]	12/7/2019	100
Escalante [lt]	10/7/2019	2
Antioxidante [ml]	17/6/2019	3000
Fluoresceína [ml]	15/6/2019	25
Sal [kg]	12/6/2019	50
Escalante [lt]	10/6/2019	1
Etilenglicol [lt]	10/6/2019	20
Colorante Azul [gr]	20/5/2019	500
Colorante Rojo [gr]	20/5/2019	500
Colorante Amarillo [gr]	20/5/2019	500
Antiespumante [ml]	17/5/2019	1000
Antioxidante [ml]	17/5/2019	1000
Jabón Líquido [lt]	15/5/2019	3
Alcohol Etilico [ml]	15/5/2019	500

Ilustración 5: Tabla registro de ingresos de insumos productivos

- En la cuarta hoja denominada “Salidas” se mostrará un listado con la cantidad, fecha y nombre de los insumos productivos que se han ido cargando como retiros (Ilustración 6).

Este listado se irá realizando de forma automática a partir de los datos ingresados en la hoja “Retiro de inventario”.

Insumo	Fecha	Cantidad retirada
Etilenglicol [lt]	20/7/2019	6
Alcohol Etilico [ml]	17/7/2019	43
Jabón Líquido [lt]	17/7/2019	0,05
Fluoresceína [ml]	16/7/2019	50
Colorante Azul [gr]	16/7/2019	181
Colorante Rojo [gr]	14/7/2019	90
Antioxidante [ml]	14/7/2019	8770
Antiespumante [ml]	14/7/2019	197
Escalante [lt]	13/7/2019	1
Sal [kg]	13/7/2019	50
Antioxidante [ml]	21/6/2019	3230

Ilustración 6: Tabla registro de salidas de insumos productivos

- En la quinta hoja denominada “Ingresos MA” se mostrará automáticamente un listado, únicamente, de los materiales de acondicionamiento ingresados en la hoja “Carga de Inventario”, con la cantidad ingresada y la fecha correspondiente al ingreso (Ilustración 7).

Material de Acondicionamiento	Fecha	Cantidad Ingresada
Bidón de 1lt	8/7/2019	30
Bidón de 5lt	8/7/2019	285
Bidón de 10lt	8/7/2019	15
Bidón de 10lt	8/6/2019	25
Bidón de 5lt	8/6/2019	285
Bidón de 1lt	8/6/2019	30
Etiquetas Concentrados	10/4/2019	1000
Etiquetas Limpiaparabrisas	10/4/2019	1000
Etiquetas Agua Anticorrosiva	10/4/2019	1000
Etiquetas Agua Desmin.	10/4/2019	1000

Ilustración 7: Tabla registro de ingresos de materiales de acondicionamiento

- La sexta hoja denominada “Salidas MA” funciona de manera similar a la mencionada anteriormente, mostrando automáticamente en ésta, un listado de los materiales de acondicionamiento retirados del almacén, la cantidad retirada de cada uno de ellos y la fecha de retiro (Ilustración 8).

Materiales de Acondicionamiento	Fecha	Cantidad Retirada
Etiquetas Concentrados	20/7/2019	25
Bidón de 1lt	20/7/2019	25
Etiquetas Limpiaparabrisas	17/7/2019	40
Bidón de 5lt	17/7/2019	40
Etiquetas Agua Anticorrosiva	16/7/2019	183
Bidón de 10lt	16/7/2019	23
Bidón de 5lt	16/7/2019	160
Etiquetas Agua Anticorrosiva	14/7/2019	80
Bidón de 5lt	14/7/2019	80
Etiquetas Agua Desmin.	13/7/2019	93
Bidón de 5lt	13/7/2019	93

Ilustración 8: Tabla registro de retiros de materiales de acondicionamiento

- En la séptima hoja denominada “Stock”, se realizará de manera automática, la carga de nuevos ingresos y egresos de insumos y materiales de acondicionamiento, obteniendo para cada uno de los elementos el saldo presente en el almacén (Ilustración 9).

Elemento	Cantidad Ingresada	Cantidad Retirada	Saldo
Sal [kg]	150	50	100
Escalante [lt]	3	1	2
Antiespumante [ml]	1.000	197	803
Antioxidante [ml]	14.000	12.000	2.000
Fluoresceína [ml]	75	50	25
Colorante Azul [gr]	500	181	319
Colorante Rojo [gr]	500	90	410
Colorante Amarillo [gr]	500	0	500
Jabón Líquido [lt]	3	0	3
Alcohol Etilico [ml]	500	43	457
Etilenglicol [lt]	20	6	14
Bidón de 1lt	60	25	35
Bidón de 5lt	570	373	197
Bidón de 10lt	40	23	17
Etiquetas Agua Desmin.	1.000	93	907
Etiquetas Agua Anticorrosiva	1.000	263	737
Etiquetas Limpiaparabrisas	1.000	40	960
Etiquetas Concentrados	1.000	25	975

Ilustración 9: Tabla registro de Stock

- La octava hoja denominada “Punto de Pedido”, cuenta con una tabla, en la cual se dispuso información necesaria para realizar el cálculo del punto de pedido de cada uno de los insumos y materiales de acondicionamiento (Ilustración 10). Dicho punto de pedido se obtuvo empleando el “Modelo de Cantidad Fija de Pedidos (EOQ)”. Para su obtención se empleó la siguiente fórmula:

$$R = dL + z\sigma_L$$

En donde, R es la Reserva de Seguridad (Punto de pedido teórico), d es la demanda diaria, L es el tiempo que tarda en llegar un pedido, z es el número de desviaciones típicas para un nivel de servicio específico, y σ_L es la desviación estándar de utilización durante el plazo ($\sigma_L = \sqrt{L} \cdot \sigma_D$, siendo σ_D la desviación típica de demanda diaria).

Para calcular z, se emplea la tabla de distribución normal estándar, ingresando con el valor de E(z), obtenido con la siguiente expresión:

$$E(z) = \frac{1 - P}{\sigma_L} \cdot Qop$$

Donde P es el nivel de servicio y Qop es la cantidad de unidades por pedido óptima. Esta cantidad se obtiene mediante: $Qop = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$, siendo D= demanda anual, S= costo de preparación de un pedido y H el costo de almacenamiento.

Una vez calculado el punto de pedido teórico, se obtiene el punto de pedido real, que será mayor o igual al óptimo, de acuerdo con los niveles posibles de almacenamiento del elemento. En caso de que el saldo de algún elemento en la hoja de Stock, sea igual o menor al punto de pedido real, aparecerá en la hoja “Punto de Pedido” en la columna “¿Pedir?” una celda en rojo que dirá “SI” y en la columna de al lado los datos de contacto del proveedor correspondiente.

Elemento	Nivel de Servicio	Demanda (u/mes)	Stock de Seguridad	Tiempo en llegar (días)	Costo de Pedido (\$)	Costo de Mantenimiento de Stock (\$/año)	Cantidad por pedido	Reserva de Seguridad	Punto de Pedido	¿Pedir?	Contacto Proveedor
Sal [kg]	80%	50	2,8	10	\$ 20	\$ 81,1	50	28	50	NO	
Escalante [lt]	80%	1	-0,03	3	\$ 20	\$ 2.002	20	1	1	NO	
Antesputante [ml]	80%	196,5	-2,3	3	\$ 20	\$ 67,6	1000	27	50	NO	
Antioxidante [ml]	80%	3770	0,0	4	\$ 20	\$ 62,4	1000	1754	2000	SI	Central Química S (011)4555-5555 centralquim@ejem.ora
Fluoresceína [ml]	80%	184	-6,5	3	\$ 20	\$ 15,6	25	22	25	SI	Central Química S (011)4555-5555 centralquim@ejem.ora
Colorante Azul [gr]	80%	180,8	-3,4	5	\$ 20	\$ 37,5	500	42	45	NO	
Colorante Rojo [gr]	80%	72	-2,0	5	\$ 20	\$ 37,5	500	16	45	NO	
Colorante Amarillo [gr]	80%	48	-5,8	5	\$ 20	\$ 37,5	500	22	45	NO	
Jabón Líquido [lt]	80%	0,05	-0,01	2	\$ 20	\$ 37,5	3	1	1	NO	
Alcohol Etilico [ml]	80%	42,8	-1,3	1	\$ 20	\$ 28,8	500	1	100	NO	
Etilenglicol [lt]	80%	6	-0,1	7	\$ 20	\$ 1274	20	3	3	NO	
Bidón de 1lt	80%	28	3,2	10	\$ 20	\$ 3,9	1	18	18	NO	
Bidón de 5lt	80%	263	-11,2	10	\$ 20	\$ 4,9	1	108	108	NO	
Bidón de 10lt	80%	23	4,7	10	\$ 20	\$ 6,5	1	17	17	SI	Pilasco SA Tel: (011)4686-8 mail: pilasco@ejem.ora
Etiquetas Agua Desmin.	80%	84	-0,4	15	\$ 20	\$ 130	1000	63	63	NO	
Etiquetas Agua Antiontóxica	80%	197	-1,9	15	\$ 20	\$ 130	1000	146	146	NO	
Etiquetas Limpiajabritas	80%	36	1,0	15	\$ 20	\$ 130	1000	28	28	NO	
Etiquetas Concentradas	80%	16	1,7	15	\$ 20	\$ 130	1000	16	16	NO	

Ilustración 10: Tabla para obtener el punto de pedido

4.3.2. Disposición del inventario

Como se mencionó previamente, la metodología propuesta, involucra una disposición de inventario diferente a la que se encuentra presente en la cooperativa, que facilite el manejo y el análisis del stock con el que se cuenta.

Debido a que no se cuenta con un almacén organizado y próximo al espacio productivo, no se cree necesario la realización y aplicación de un análisis ABC basándose en los precios y las cantidades de los elementos para su ubicación física dentro del almacén, si no, que se considera más adecuado distribuir los elementos de acuerdo a la frecuencia de utilización de los mismos. Por esto último se decide colocar en las zonas más alejadas al sector productivo la sal y el escalante, ya que éstos son utilizados una vez al mes, en el momento que se hace toda el agua desmineralizada (ZONA C), mientras que los materiales de acondicionamiento (especialmente bidones de 5lt que son los más vendidos) se colocaran en las zonas más próximas al sector productivo ya que serán requeridos todos los días (ZONA A) y, por último, el resto de los insumos, principalmente materias primas, se colocaran en la zona intermedia ya que dependerá de que tipo de producción se haga para determinar cuál se utilizará (ZONA B). Debido a que los operarios producen la cantidad de bidones que estiman que van a vender en la jornada, solo se encuentra en stock de producto terminado el sobrante de esa producción diaria, es por esto que la organización no cuenta con demasiado stock de producto terminado. Se decide colocar este stock en las estanterías más alejadas del almacén, ya que estos bidones serán requeridos cuando haya una demanda superior inesperada (ZONA C). A continuación, la imagen representativa del lay out del sector de agua desmineralizada de la cooperativa de trabajo 1 de Agosto (Ilustración 11). Allí se puede observar la distribución actual de la cooperativa, y en color rojo señaladas las zonas como se propone en el presente apartado.

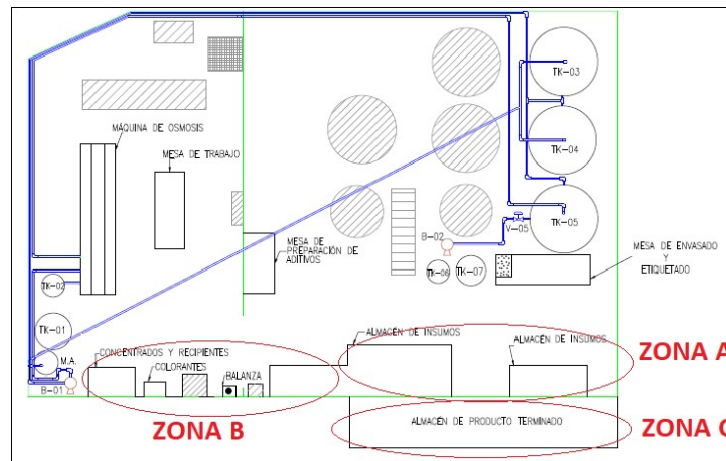


Ilustración 11: Zonas de Clasificación ABC.

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las necesidades actuales de las cooperativas de trabajo, y en particular la de la cooperativa 1 de Agosto, de contar con personal profesional, y las necesidades de la Facultad de Ingeniería de ofrecer a los alumnos un ámbito propicio para la puesta en marcha de los conocimientos adquiridos en su formación, es que surge un vínculo de mutuo beneficio donde los alumnos pueden ofrecer sus conocimientos profesionales dentro de cooperativas necesitadas de los mismos.

El trabajo en la cooperativa comenzó con la organización de las actividades a llevar adelante mediante el relevamiento para la detección de las necesidades. De lo que se pone en relevancia la inexistencia de una gestión administrativa eficiente, fundada en el derroche y mal uso de recursos, principalmente materiales, en algunos de los sectores.

Debido a que el sector de producción de agua desmineralizada es el más significativo para la cooperativa en cuanto a ingresos de los sectores identificados, se decide diseñar una metodología que optimice la gestión de inventarios del sector antes mencionado, a modo de pronta solución a este problema, que permita a quienes llevan adelante dicha gestión, realizar las tareas de manera eficiente y así facilitar la toma de decisiones.

Para abordar la problemática destacada, se confeccionó una planilla de control y toma de decisiones en Excel donde se dispone de manera sencilla la información necesaria para la toma de decisiones correspondientes al nivel de existencias y estados de pedidos, en la que se buscó facilitar la tarea de los operarios a la hora de la recepción de los insumos y de la utilización de los mismos, permitiéndoles llevar un control de las fechas donde ingresaron y se retiraron los elementos, la cantidad de existencias disponibles en el almacén y el momento cuando deben realizar un nuevo pedido. Involucra tanto el aprovisionamiento de la empresa como también la distribución física de los recursos materiales.

Por otro lado, se estudió y aplicó una distribución física de los insumos que ofreciera un adecuado manejo y desplazamiento de los mismos mediante el layout de planta, para gestionar de una manera efectiva y eficaz que ayuda a asegurar que los materiales estén disponibles a la hora de producir.

Se pone de relieve que esta metodología de trabajo puede llevarse a cabo en otras cooperativas que posean problemas y características similares, adaptándose para cada caso particular.

6. REFERENCIAS

- [1] Campo Varela, Aurea; Hervás Exojo, Ana María; Revilla Rivas, M. Teresa. (2013). Operaciones de Almacenaje. Madrid. Primera edición. Aurora Aguilella. Madrid.
- [2] <https://ingenioempresa.com/analisis-abc/> (2017) España.
- [3] <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/punto-de-pedido-ajuste-economia-de-costes-y-satisfaccion-del-cliente/> (2017) Madrid, España.

“Análisis predictivo de lotes agrícolas para la siembra de soja”

Mavolo Luca; Xodo Daniel; Mavolo Pablo Antonio

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen; CP: 6400 Racedo 298
lucamavolo@gmail.com daniel.xodo@gmail.com pmavolo@gmail.com

RESUMEN

Problema y justificación, determinar el posible rendimiento de un lote agrícola en campos de gran extensión donde varía en gran medida la calidad de suelo y los escenarios climáticos año a año, dificultando una estrategia de siembra óptima. Objetivo, predecir 8 escenarios con el modelo de red neuronal a utilizar y estudiar la solidez del modelo. Luego predecir 7 escenarios viables para lograr una estrategia de siembra con asignación de lotes y tipos de semilla. Por último realizar una predicción a modo de prueba usando el promedio histórico de lluvia en los meses estudiados y observar las variaciones en los rindes de acuerdo a las predicciones anteriores. Método utilizado, es un modelo de Red Neuronal, brindado por el soft RISK Industrial 7.6 (complemento Neural Tools). Resultado: El modelo de red neuronal entrenado, se mostró sólido y permite una predicción con precisión. Se logró una predicción de rendimientos para distintas alternativas que propone el agricultor y los resultados desde el criterio agronómico es coherente. Se descarta el uso de promedios históricos de lluvias para la lograr una predicción aproximada. Conclusión: es una herramienta útil para la empresa al momento de la toma de decisiones en el periodo de siembra sobre todo en lotes tipo B y C de gran variabilidad.

Palabras clave: Red Neuronal; Soja (glycine max); precipitaciones; pronostico rindes.

ABSTRACT

Justification: to determine the feasible productivity of a plot of land in large fields where the quality of the soil and the weather conditions fluctuate every year, hindering optimum soybean production practices.

The aim is to predict 8 sceneries through the artificial neural network model and study its reliability. Then, predict 7 feasible sceneries to achieve a good sowing strategy on certain plots of land and with certain types of seeds. Finally, to make a prediction using the average historical rainfall data collected during the studied months and observe the fluctuations on the yield in accordance with previous predictions.

The artificial neural network is the method used and it was provided by soft RISK Industrial 7.6 (Neural Tools.) The result is going to be compared with the data collected from the company “Nueva Castilla” of Trenque Lauquen (Buenos Aires province, Argentina) to determine the practical and technical feasibility of the model. These data correspond to more than 17 years of climate and weather analysis, soil and soybean yield with different types of seeds.

1. Introducción

La estimación de la producción agrícola es necesaria para la planificación que deben realizar tanto los actores públicos como privados; desde una alerta temprana de la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental hasta en el plano científico la validación de modelos biofísicos de cultivos [1]. La información confiable, anticipada y oportuna de rendimiento de los cultivos tiene influencia en la gestión de las actividades de cosecha, almacenamiento, importación/exportación, transporte y comercialización [2].

La agricultura extensiva es el principal uso productivo de la tierra en la zona central de Argentina y una de las mayores fuentes de ingresos económicos. Los cultivos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) y maíz (*Zea mays* L.) constituyen la principal actividad agrícola en la campaña de verano, alcanzando alrededor del 86% del área total sembrada en Argentina. Dentro de estos cultivos se destaca la soja, con 19.781.812 ha sembradas en la campaña 2013/2014, en particular, en la provincia de Córdoba se sembraron aproximadamente el 26% del total del país [3].

En los últimos años información a priori de rendimiento se produce, generalmente, a partir de modelos, ya sea con información sobre el manejo del cultivo, datos del clima y de suelo, entre otros. Varios estudios demuestran el poder de los modelos de crecimiento de cultivos para predecir el rendimiento [4].

Las variaciones en el rendimiento de la soja son consecuencia de efectos del genotipo, del ambiente y de su interacción, siendo el efecto ambiental el que explica la mayor parte de estas variaciones. Las propiedades del suelo (físicas y químicas) en interacción con las variables meteorológicas (radiación, agua y regímenes térmicos) determinan diferentes ambientes para el cultivo de soja [6]. Modelos matemáticos simples permiten describir adecuadamente el rendimiento a obtener en cultivos de soja y maíz a partir de imágenes satelitales obtenidas dos o tres meses anteriores a la cosecha. [5].

El objetivo del proyecto es lograr a través de un modelo de inteligencia artificial, la predicción de rendimiento de soja en lotes conocidos y donde se tiene información relevada a lo largo del tiempo. Donde las variables fundamentales son las características del suelo, el tipo de semilla, fecha de siembra y las precipitaciones en los meses de desarrollo del cultivo.

2. Materiales y métodos

Se utilizó para la predicción de rendimientos, el software NeuralTools (PALISADE) el cual es un complemento de Microsoft Excel de Redes Neuronales. Las Redes neuronales son capaces de descubrir automáticamente relaciones entrada-salida en función de datos empíricos, merced a su capacidad de aprendizaje a partir de ejemplos Bonifacio M (1994). La base de datos utilizada corresponde a una empresa agrícola de la ciudad de Trenque Lauquen, Buenos Aires Argentina. Donde se cuenta con el relevamiento de datos de siembra y cosecha de más de 17 años. La empresa identifica cada lote con un código interno, al cual se le asigna una característica A, B o C donde la misma corresponde a la calidad de suelo donde A reúne las características más ideales, como mayor composición de materia orgánica, tipo de relieve loma y en el otro extremo suelos tipo C donde son más arenosos y con relieves semi loma o bajos. También se identifican las precipitaciones en los meses claves para la acumulación de humedad antes de la siembra para nuestra región septiembre y octubre, el cultivo antecesor al periodo de siembra en cada lote, la fecha de siembra ubicada en bloques de 10 días (ej 1- 10 de octubre), si el cultivo es de ciclo largo o corto y finalmente de la base de datos se seleccionaron dos tipos de semillas DM 3700 y DM 4800, dado que las mismas fueron ensayadas en una correlación mayor a 5 años y permite un análisis con mayor información para utilizar la red neuronal.

Base de datos a utilizar en la red:

Tabla 1 Campaña 2001/02

Year	Class	Var	Cycle	Crop ant	Date	Sept	Oct	KGS/HA
2001/02	B	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	2463
2001/02	C	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	3128
2001/02	B	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	3671
2001/02	A	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	4512
2001/02	A	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	3266
2001/02	A	DM 4800	LARGO	MAIZ	21-31 OCT	214	128	4058

La base de datos posee 311 escenarios desde la campaña 2001/02 hasta 2015/16, donde varían los suelos, semillas, fechas de siembra y factores externos que exceden la decisión del agricultor como las precipitaciones.

3. Resultados

Se realizaron 3 predicciones, para la primera predicción se simularon 8 escenarios para verificar la solidez y precisión del modelo, y donde se aceptaría la herramienta de trabajo para una variación menor 5-6% dado que son los márgenes aceptables desde el criterio agronómico para suelos del tipo A y donde se tiene más tolerancia para suelos B y C, dado que son menos favorables para el desarrollo del cultivo y tienen mayores variaciones en los rendimientos.

Tabla 2 Certeza del modelo

	Class	Var	Cycle	Crop ant	Date	Sept	Oct
Test 1	A	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	31	133
Test 2	B	DM 4800	LARGO	VI	21-31 OCT	50	71
Test 3	C	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	50	71
Test 4	B	DM 4800	LARGO	SOJA	21-31 OCT	19	173
Test 5	B	DM 3700	CORTO	MAZ	21-31 OCT	97	94
Test 6	A	DM 3700	CORTO	MAZ	21-31 OCT	97	94
Test 7	C	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	55	141
Test 8	C	DM 4800	LARGO	FINA/SOJA	21-30 NOV	45	58

TEST	Class	Modo	Kg/ha	Porcentaje
Test 1	A	Predic	3919	96,66%
Test 2	B	Predic	2942	98,58%
Test 3	C	Predic	2116	92,18%
Test 4	B	Predic	1758	98,47%
Test 5	B	Predic	3216	92,70%
Test 6	A	Predic	3930	99,73%
Test 7	C	Predic	434	96,20%
Test 8	C	Predic	2690	96,20%

Como se observa en las tablas anteriores las predicciones realizadas en los lotes de suelo tipo A, se obtuvo una precisión del 96,66% y 99,73%. Y la precisión en los suelos tipo B, varía del 92,70% hasta 98,58% los suelos tipo C varían desde 92,68% hasta 96,20%.

Una vez verificada la precisión del modelo se realizó la predicción de cultivo en escenarios reales para comparar con la campaña actual.

Tabla 3 Predicción del rendimiento del cultivo

	Class	Var	Cycle	Crop ant	Date	Sept	Oct
PREDIC 1	A	DM 3700	CORTO	MAZ	21-31 OCT	66	45
PREDIC 2	B	DM 3700	CORTO	MAZ	1-10 NOV	66	45
PREDIC 3	C	DM 3700	CORTO	MAZ	21-31 DIC	66	45
PREDIC 4	A	DM 4800	LARGO	PAST	21-31 OCT	66	45
PREDIC 5	B	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	66	45
PREDIC 6	C	DM 4800	LARGO	PAST	21-31 DIC	66	45
PREDIC 7	B	DM 3700	CORTO	Soja	1-10 NOV	66	45

PREDIC 1	A	21-31 OCT	DM 3700	3622
PREDIC 2	B	1-10 NOV	DM 3700	2861
PREDIC 3	C	21-31 DIC	DM 3700	2854
PREDIC 4	A	21-31 OCT	DM 4800	3455
PREDIC 5	B	1-10 NOV	DM 4800	2508
PREDIC 6	C	21-31 DIC	DM 4800	2326
PREDIC 7	B	1-10 NOV	DM 3700	2585

También se planteó la posibilidad de lograr una predicción de rendimiento al momento de tomar la decisión para el laboreo de la siembra utilizando el promedio histórico de lluvias de cada mes para cada alternativa del agricultor.

El escenario que se planteo tiene las mismas condiciones donde se evaluó la solidez del modelo de red neuronal. De esta forma se tiene un parámetro de comparación de los resultados obtenidos.

Tabla 4 Comparación de resultados

	Class	Var	Cycle	Crop ant	Date	Sept	Oct
Test average 1	A	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	49	94
Test average 2	B	DM 4800	LARGO	VI	21-31 OCT	49	94
Test average 3	C	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	49	94
Test average 4	B	DM 4800	LARGO	SOJA	21-31 OCT	49	94
Test average 5	B	DM 3700	CORTO	MAIZ	21-31 OCT	49	94
Test average 6	A	DM 3700	CORTO	MAIZ	21-31 OCT	49	94
Test average 7	C	DM 4800	LARGO	PAST	1-10 NOV	49	94
Test average 8	C	DM 4800	LARGO	FINA/SOJA	21-30 NOV	49	94

		Model
Test average 1	3435	61,96%
Test average 2	3347	95,36%
Test average 3	1707	94,72%
Test average 4	3307	59,88%
Test average 5	3394	98,96%
Test average 6	3973	90,28%
Test average 7	1707	19,74%
Test average 8	2780	73,15%

4. Discusión

Como se vio en la primera simulación se verifico que el modelo de red neuronal utilizado es sólido y preciso para la actividad que se quiere realizar. Teniendo una precisión que varía entre el 0,27% al 3,34% para lotes tipo A donde los parámetros tolerables desde el criterio agronómico son 5-6%. Y para lotes tipo B y C donde la variabilidad es mayor por los paisajes y composición que los caracteriza varían entre el 1,48% al 7,30% para los primeros y del 3,80% al 7,42% dando como resultado márgenes tolerables para este tipo de suelo dado que los mismo permiten variar entre el 19-15%.

Las diferencias en los resultados de los suelos tipo A y los B o C, se debe a que ante el aumento de las condiciones desfavorables del cultivo para estos últimos como lo son los bajos, o bajos inundables o suelos arenosos con menos composición de materia orgánica aumentan las variaciones en el rendimiento por disponer de escenarios variables en sí mismos y sensibles a factores externos como lo son las precipitaciones.

De esta forma el modelo es sólido para los dos objetivos principales del proyecto, lograr una predicción real del cultivo soja para las posibles alternativas del agricultor en el periodo de siembra y por otro lado simular escenarios donde se utilice el promedio histórico de precipitaciones para cada lote.

En la predicción de los cultivos de los 7 escenarios propuestos por el agricultor, se predijo un escenario para cada tipo de lote variando la fecha de siembra y el tipo de semilla a utilizar. En los lotes de tipo A se obtuvieron rendimientos de 3622 kg para la semilla DM 3700 y 3455kg para la semilla DM 4800 en el mismo periodo de siembra. Desde el punto de vista agronómico son resultados normales de acuerdo a las condiciones planteadas, pero no excelente. Para los lotes tipo B se obtuvo 2861kg y 2585kg para la semilla DM3700 y 2508 kg para la semilla DM4800 en el mismo periodo de siembra, son rendimientos razonables y estables para las características del suelo. Por ultimo para los suelos tipo C se obtuvo 2854kg para la semilla DM3700 y 2326kg para la semilla DM4800 en el mismo periodo, donde el segundo rendimiento es coherente de acuerdo al tipo de suelo y el primer resultado es optimista de acuerdo a la calidad de suelo. La alta variabilidad entre un resultado y otro es que las características del suelo no permiten una estabilidad de rendimiento por tratarse de relieves donde coexisten pendientes o bajos inundables, y tipo de suelos arenosos. Los resultados bajo la inspección agronómica y experiencia de la empresa son coherentes.

Utilizando el promedio histórico de precipitaciones, el objetivo del modelo era obtener un rendimiento para alguno de los tipos de suelo y se comparó los resultados con los obtenidos en el testeado del modelo donde se verifico la precisión de la red neuronal (tabla 2) y luego con los escenarios reales. En los testeos 2, 3, 5 y 6 se obtuvo variaciones entre el 1,04%-9,32% resultados ideales. Pero en el resto de los escenarios planteados se tienen variaciones desde 26,85% al 80,26%, como en 50% de los ensayos los resultados varían en gran medida, utilizar los promedios históricos de precipitaciones vuelven inestable el modelo y no arroja resultados coherentes ni dentro de los márgenes agronómicos aceptables.

5. Conclusión

En el proyecto se observó la viabilidad de utilizar un modelo de red neuronal para predecir rendimientos agronómicos del cultivo soja. Para esto se debe contar con una base de datos extensa que permita entrenar el modelo para darle mayor solidez. Las variaciones obtenidas siempre estuvieron dentro de los márgenes agronómicos aceptables por lo cual el modelo puede ser de gran utilidad para la empresa al momento de la toma de decisión en la asignación de lotes, tipo de semilla a utilizar y fecha para la realización de la siembra. Se descarta la utilización del promedio histórico de precipitaciones para evaluar escenarios de rendimientos para la toma de decisiones dado que presentan grandes variaciones.

Se propone para futuros trabajos la posibilidad de utilizar un modelo de red neuronal en otro cultivo como lo es el maíz (*Zea mays*) donde las variaciones desde el punto de vista agronómico son mayores y para el agricultor presenta grandes dificultades lograr una estimación del rendimiento.

6. Bibliografía:

- [1]. Lyle, G., Lewis, M., Ostendorf, B.: Testing the Temporal Ability of Landsat Imagery and Precision Agriculture Technology to Provide High Resolution Historical Estimates of Wheat Yield at the Farm Scale. *Remote Sens.* 5, 1549–1567 (2013)
- [2] Lobell, D.B., Asner, G.P., Ortiz-Monasterio, J.I., Benning, T.L.: Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: Estimates and uncertainties. *Agr. Ecosyst. Environ.* 94, 205–220 (2003)
- [3] Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Estimaciones Agrícolas: Series Históricas, http://www.siaa.gob.ar/sst_pcias/estima/estima.php (2015)
- [4] Batchelor, W.D., Basso, B., Paz, J.O.: Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variability using crop models. *Eur. J. Agron.* 18, 141–158 (2002)
- [5] Mónica Bocco¹, Silvina Sayago¹, Soraya Violini² y Enrique Willington¹ Modelos simples para estimar rendimiento de cultivos agrícolas a partir de imágenes satelitales: una herramienta para la planificación STS 2015, 2º Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad.
- [6] Salvagiotti, F., Enrico, J., Bodrero, M. y Bacigaluppo, S. Producción de soja y uso eficiente de los recursos. *Para Mejorar La Producción* 45, 151–154. INTA EEA Oliveros. (2010). <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-produccion-de-soja-y-uso-eficiente-de-losrecursos.Pdf>
- [7] Bonifacio Martin del Brio, & Alfredo Sanz Molina,. (1994). *Redes Neuronales y sistemas borrosos.*
- [8] Ing. Badino, *Estadística rindes y precipitaciones Nueva Castilla* (2018). (n/a).

Un problema de secuenciación en un entorno de producción *just-in-time* resuelto mediante un procedimiento metaheurístico

Toncovich, Adrián Andrés*

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina. atoncovi@uns.edu.ar.

RESUMEN.

Los problemas de programación de la producción pueden plantearse y resolverse a través de formulaciones de optimización basadas en la programación matemática. Sin embargo, estos problemas suelen encontrarse dentro de la categoría de problemas difíciles de optimización combinatoria, por lo cual resulta necesario desarrollar algoritmos aproximados eficientes que proporcionen resultados de calidad aceptable haciendo un uso razonable de los recursos de cómputo disponibles. Este trabajo presenta la aplicación de una metaheurística a la resolución de un problema de secuenciación particular que aparece en el contexto de la implementación de la metodología *just-in-time*. En este problema se busca determinar una secuencia de ensamble final que minimice una función objetivo que evalúa la desviación acumulada entre el uso real y el uso ideal o promedio de los distintos componentes o recursos empleados en la obtención de los artículos finales. La metaheurística propuesta combina un procedimiento constructivo *greedy* con una estrategia de mejora basada en la búsqueda tabú. Con el fin de evaluar el desempeño del procedimiento propuesto y establecer conclusiones referentes a su utilización práctica se desarrollan una serie de experimentos sobre un conjunto de problemas de prueba. A partir de los resultados obtenidos puede concluirse que el procedimiento planteado tiene un desempeño más que adecuado en cuanto a los requerimientos computacionales implicados y la calidad de las soluciones encontradas.

Palabras Claves: Secuenciación, *Just-In-Time*, *Heijunka*, Heurística *Greedy*, Búsqueda Tabú.

ABSTRACT.

Production scheduling problems can be formulated and solved through optimization approaches based on mathematical programming. However, these problems are usually within the category of hard combinatorial optimization problems, so it is necessary to develop efficient approximate algorithms that provide results of acceptable quality making reasonable use of available computational resources. This paper presents the application of a metaheuristic to the resolution of a particular sequencing problem that appears in the context of the implementation of the just-in-time methodology. This problem is aimed at to determine a final assembly sequence that minimizes an objective function that evaluates the accumulated deviation between the actual use and the ideal or average use of the different components or resources used in obtaining the final products. The proposed metaheuristic combines a greedy constructive procedure with an improvement strategy based on tabu search. In order to evaluate the performance of the proposed procedure and establish conclusions regarding its practical use, a series of experiments are carried out on a set of test problems. From the results obtained, it can be concluded that the procedure has a solid performance in terms of the computational requirements involved and the quality of the solutions found.

1. INTRODUCCIÓN.

Un problema de secuenciación consiste en la búsqueda de un ordenamiento de entidades (personas, tareas, artículos, vehículos, clases, exámenes, etc.) de acuerdo con una configuración en el espacio-tiempo, de forma tal que se verifiquen ciertas restricciones asociadas al problema y se alcancen determinados objetivos [1].

La construcción de una secuencia es un problema en el cual, el tiempo, el espacio físico y otros recursos disponibles deben considerarse para hallar el ordenamiento deseado. Las restricciones expresan relaciones entre las entidades o entre las entidades y las configuraciones que limitan los ordenamientos posibles de secuencias. Desde un punto de vista práctico, la actividad asociada a la secuenciación puede abordarse mediante dos perspectivas diferentes: como un problema de búsqueda de una secuencia factible cualquiera, dado el carácter fuertemente condicionado del problema, o como un problema de optimización, en el cual se quiere obtener la mejor secuencia factible existente. En problemas reales, no resulta sencillo especificar las condiciones que hacen a una secuencia más preferible que otra e incorporar esta información en un sistema computacional. Por otra parte, el carácter combinatorio presente en este tipo de problemas obliga a la exploración de grandes espacios de búsqueda y, consecuentemente, la intervención del usuario se vuelve vital al momento de dirigir la búsqueda hacia regiones de utilidad potencial [2].

Los problemas de secuenciación abarcan un conjunto de situaciones relacionadas con la programación de la producción, la organización de eventos, la planificación de actividades de personal y otras. En los problemas reales de secuenciación se pueden establecer distintos objetivos de interés, como por ejemplo: la minimización de la duración de la secuencia, la optimización en el uso de recursos, la minimización del tiempo ocioso asociado con la fuerza laboral (planificación de actividades del personal), la minimización del número de pedidos entregados fuera de término (secuenciación de la producción), el cumplimiento de exigencias derivadas de las reglamentaciones (planificación de horarios en instituciones académicas), etc. Con el correr del tiempo, han aparecido distintas estrategias diseñadas para manejar esta clase de problemas combinatorios.

Esto ha generado un creciente interés en la posibilidad de aplicación de distintas técnicas de optimización a problemas de secuenciación. El propósito de la optimización es encontrar una solución que represente la mejor secuencia en el objetivo elegido. El número de algoritmos propuestos para optimización de problemas de secuenciación ha crecido considerablemente en tiempos recientes, fundamentalmente debido a que los problemas de optimización están presentes, prácticamente, en cualquier área de interés.

Diversas estrategias heurísticas han sido empleadas para diseñar algoritmos adaptados a la resolución de problemas de secuenciación. Entre estas, los algoritmos metaheurísticos han recibido gran atención. En general las estrategias metaheurísticas propuestas están basadas en mecanismos evolutivos, o en métodos de búsqueda local, como, por ejemplo, *simulated annealing* o búsqueda tabú [2-4].

Este trabajo presenta la aplicación de una metaheurística, basada en la búsqueda tabú, a la resolución de un problema de secuenciación que aparece en el contexto de los sistemas de producción *just-in-time*. El objetivo específico establecido es el de desarrollar la aplicación de esta metodología al problema de secuenciación mencionado y evaluar su desempeño con relación a la calidad de las soluciones obtenidas y el esfuerzo de cómputo requerido correspondiente.

El trabajo está organizado de acuerdo con el esquema que se detalla a continuación. La siguiente sección presenta la caracterización general para el problema de secuenciación en ambientes de manufactura del tipo *just-in-time*. A continuación, se desarrolla la aplicación de una estrategia metaheurística de búsqueda tabú a este problema. En las dos secciones que siguen se proporciona el detalle relativo al trabajo de experimentación computacional realizado y se muestran sus resultados. Por último, se presentan las conclusiones finales y algunas consideraciones respecto de las posibles líneas de investigación futuras.

2. EL PROBLEMA DE SECUENCIACIÓN JUST-IN-TIME.

La metodología de producción *just-in-time* (JIT), desarrollada originariamente en empresas japonesas, persigue como estrategia competitiva básica, la reducción de los ciclos de manufactura, el aumento de la flexibilidad y de la calidad y la reducción de costos, a través de un sistema logístico de "arrastre" o sistema "*pull*" [5]. En resumen, la filosofía JIT adopta como principio básico: que los clientes sean atendidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y a través de un proceso productivo que emplee el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier desperdicio o costo innecesario.

Los sistemas de manufactura JIT intentan crear un flujo de productos con una adecuada flexibilidad para facilitar su adaptación a las variaciones de la demanda, al mismo tiempo que buscan reducir la magnitud de los desperdicios originados durante el proceso de fabricación. Con el fin de alcanzar estos objetivos, se implementan una serie de metodologías organizativas y tecnológicas denominadas técnicas de producción JIT [6]. Entre estas técnicas se encuentra el nivelado de la producción o *heijunka*, que tiene un impacto determinante sobre la definición de secuencias de

fabricación. La articulación de esta técnica se realiza de acuerdo con el procedimiento que se describirá seguidamente [7]. Como un primer paso, se determina un plan de producción mensual, para la producción de un tipo de artículos, considerando los pronósticos de demanda, los pedidos comprometidos y el inventario existente. El nivelado de la producción implica el establecimiento de una cantidad diaria de producción que no experimente grandes oscilaciones. Esta cantidad no representa las cantidades exactas que deben producirse, sino, más bien, patrones, que les dan a los encargados de los centros de trabajo una perspectiva respecto de sus requerimientos en el corto plazo. La programación definitiva se determina cuando ya se cuenta con los medios requeridos para producir, de forma aproximada, las cantidades establecidas por el nivelado de la producción. Esta programación se distribuye entre las estaciones de la línea de ensamblado, y luego, utilizando un sistema de señales, en el caso típico un sistema *kanban*, se impulsa el proceso de fabricación en las celdas de manufactura que suministran componentes para la línea de ensamblado. En definitiva, se busca que el programa de producción dé lugar a muchas variedades diarias de pequeños lotes y no grandes series de un único producto. De esta forma se tendrá una mayor capacidad de ajuste ante las posibles fluctuaciones de la demanda. Esta estabilidad en las operaciones, obtenida mediante el nivelado de la producción constituye un elemento que distingue a los sistemas JIT respecto de las restantes estrategias empleadas en gestión de la producción.

La estabilidad de la tasa de producción para los distintos tipos de artículos a fabricar, o para el caso más general, la estabilidad de la tasa de utilización de materiales o componentes ha sido el criterio usual aplicado para generar secuencias niveladas en líneas de ensamblado que producen artículos de modelos mixtos [8-10]. Conviene aclarar que en todos estos modelos se asume tácitamente que dentro del sistema de producción se han realizado todas las tareas necesarias para reducir los tiempos de preparación involucrados en el lanzamiento o *setup* de series de producción de artículos de distinto tipo. En la práctica este no resulta ser siempre el caso, y, aunque, siempre conviene arribar a una secuencia con el menor número de lanzamientos, para un cierto nivel de flexibilidad, de aquí en más se supondrá que los tiempos y costos de lanzamiento, tienen una magnitud reducida, y pueden despreciarse. Algunos autores [11-12] han resaltado la relación contrapuesta existente entre estos dos criterios.

Al intentar resolver este problema se buscará generar secuencias de producción niveladas, que alcancen una adecuada (máxima) estabilidad en la tasa de consumo o utilización de los distintos componentes o recursos. Dado que el problema se encuentra dentro de la categoría de problemas de optimización combinatoria, se debe proponer una estrategia que permita resolverlo adecuadamente.

Según se indicara en párrafos anteriores, la secuencias se obtendrán mediante un algoritmo basado en la estrategia metaheurística de búsqueda tabú.

2.1. Caracterización formal del problema de secuenciación en entornos *just-in-time*.

En los sistemas de producción JIT, el problema general de secuenciación puede explicitarse, esencialmente, a través de los siguientes elementos: un número, a , de distintos tipos de artículos, la demanda, d_i , para cada tipo de artículo i ($i = 1, \dots, a$), un número, β , de distintos tipos de componentes o recursos y el consumo unitario, b_{ij} , del componente j ($j = 1, \dots, \beta$) por unidad del tipo de artículo i . Todos los artículos se producen en la misma instalación, en general, una línea de ensamblado de modelos mixtos. D_T es la demanda total para todos los tipos de artículos, N_j es la cantidad total del componente j requerida para producir los D_T artículos y $r_j = N_j/D_T$ se conoce con el nombre de tasa de consumo ideal para el componente j . Por consiguiente, una solución factible para el problema será cualquier secuencia de D_T elementos que verifique, para cada i , con $i = 1, \dots, a$, que el número de elementos dentro de la secuencia sea igual a d_i . El objetivo ideal que se busca alcanzar, desde la perspectiva del nivelado de la producción, implica que, en cada etapa, la línea produzca artículos del tipo i de forma tal que el consumo real de cada componente j iguale el consumo dado por su tasa ideal, r_j . Si una secuencia cumpliera la condición anterior se encontraría nivelada de forma perfecta. Dado que desde un punto de vista práctico una secuencia de tal tipo no puede verificarse, los sistemas de gestión JIT buscan mantener el consumo real de cada componente tan próximo como resulte posible al consumo ideal.

El problema de secuenciación puede plantearse mediante la siguiente formulación de programación matemática, basada en el planteo debido a [13]:

$$\min \underbrace{\max_{k,i,j} F(x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times r_j)}_{\text{Máxima desviación}} \quad \text{o} \quad \min \underbrace{\sum_k \sum_i \sum_j F(x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times r_j)}_{\text{Desviación total}} \quad (1)$$

s. a:

$$\sum_{i=1}^a x_{i,k} = k, \quad \forall k = 1, \dots, D_T \quad (2)$$

$$x_{i,D_T} = d_i, \forall i = 1, \dots, a \tag{3}$$

$$0 \leq x_{i,k} - x_{i,k-1}, \forall i = 1, \dots, a, \forall k = 2, \dots, D_T \tag{4}$$

$$x_{i,k} \in \mathbb{N}, \forall i = 1, \dots, a, \forall k = 2, \dots, D_T \tag{5}$$

En esta formulación, la variable $x_{i,k}$ corresponde al número de artículos del tipo i producidos hasta la etapa k . El primer conjunto de restricciones [Ecuación (2)] implica que se debe producir k artículos durante las primeras k etapas, y el segundo conjunto de restricciones [Ecuación (3)] obliga a que se verifiquen los requerimientos de demanda de cada tipo de artículo. El tercer grupo de desigualdades [Ecuación (4)] expresa el hecho de que el número de artículos del tipo i crece o se mantiene constante de una etapa a la siguiente. Por último, el siguiente grupo de restricciones [Ecuación (5)] establece que las variables del problema deben ser números enteros y positivos.

Con respecto a la función asociada al objetivo de nivelado de la producción, para cada j , F es una función no negativa y convexa tal que $F(x) = 0$ sí y solo sí $x = 0$. $F(x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times r_j)$ castiga la desviación del consumo real, $x_{i,k} \times b_{i,j}$, respecto del ideal, $k \times r_j$. Se pueden considerar dos tipos de funciones objetivo para el problema: una que penalice la máxima desviación, $\min \max_{k,i,j} F(x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times r_j)$, o bien, otra que penalice la desviación total, $\min \sum_k \sum_i \sum_j [F(x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times r_j)]$. El modelo de máxima desviación para el problema de nivelado de la producción, fue investigado por [14] adoptando $F(x) = |x|$. En este trabajo, se adopta un modelo de desviación total para el objetivo de nivelado de la producción, de acuerdo con la siguiente expresión, debida a [15]:

$$U = \sum_{k=1}^{D_T} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (x_{i,k} \times b_{i,j} - k \times N_j / D_T)^2 \tag{6}$$

U mide la estabilidad de la tasa de consumo de los distintos componentes o recursos y , de forma indirecta, permite obtener una estimación de la estabilidad en la tasa de producción de los distintos tipos de artículos, para la secuencia considerada. Para valores bajos de U se alcanza un mejor nivelado de la producción.

El problema de secuenciación JIT está afectado por las consideraciones generales que les caben a los problemas de optimización combinatoria respecto de su complejidad computacional. Un análisis detallado de estos aspectos puede verse en [16].

El número de secuencias posibles, η , correspondientes a un problema de secuenciación JIT particular, caracterizado por los parámetros a y d_i , $i = 1, \dots, a$, puede determinarse mediante la Ecuación (7).

$$\eta = \left(\sum_{i=1}^a d_i \right)! / \prod_{i=1}^a d_i! \tag{7}$$

Para ejemplificar, supóngase que se debe determinar una secuencia para producir siete unidades del tipo de artículo P_1 , cuatro de P_2 y tres de P_3 y se tienen los valores de b_{ij} indicados en la Tabla 1. El número de secuencias posibles, calculado a través de la Ecuación (9) asciende a 120.120. Al doblar el valor de la demanda para los tipos de artículos P_2 y P_3 , se tendrían 349.188.840 secuencias posibles para el problema.

Tabla 1 Valores de b_{ij} para el ejemplo.

b_{ij}	P_1	P_2	P_3
C_1	1	0	0
C_2	0	1	0
C_3	0	0	1

Para el ejemplo introducido puede proponerse la siguiente secuencia de producción: $P_2P_2P_2P_2P_1P_1P_1P_1P_1P_1P_3P_3P_3$. A esta le corresponde una estabilidad de la tasa de consumo de componentes de 80,6429, obtenida a partir de la Ecuación (6). Otra secuencia factible para el problema es la siguiente: $P_1P_2P_1P_3P_1P_2P_1P_3P_1P_2P_1P_3P_2P_1$, a esta le corresponde un valor de estabilidad de la tasa de consumo de 4,5 y, por lo tanto, da lugar a un mejor nivelado de la producción.

3. METAHEURÍSTICA BASADA EN LA BÚSQUEDA TABÚ.

En esta sección se desarrollarán los elementos incluidos en el algoritmo metaheurístico aplicado a la determinación de secuencias eficientes para el problema de nivelación de la producción en un

sistema JIT. El propósito fundamental de esta investigación consiste en establecer si esta estrategia puede considerarse como un mecanismo válido para generar soluciones subóptimas aceptables para el problema analizado.

Con el nombre de algoritmos heurísticos se hace referencia a un conjunto de métodos alternativos a los que se puede recurrir cuando existe la necesidad de resolver problemas difíciles de optimización combinatoria, para los cuales no resulta posible, práctico o económico utilizar métodos exactos de resolución.

Los métodos heurísticos proporcionan soluciones factibles cercanas al óptimo del problema, empleando un tiempo de cómputo menor que el que se invertiría en su resolución a través de un algoritmo exacto. Su uso resulta aconsejable cuando: se tienen recursos de cómputo limitados que fuerzan a considerar métodos de respuesta rápida, en detrimento de la exactitud; cuando las suposiciones sobre las cuales se construyó el modelo hacen que la solución sea solo una aproximación de la real, o cuando no se cuenta con un algoritmo exacto [17].

Siguiendo el esquema propuesto por [18] los algoritmos heurísticos pueden clasificarse en las siguientes categorías: métodos constructivos, de descomposición, de reducción, de manipulación del modelo y de búsqueda por entornos o búsqueda local.

La Búsqueda Tabú (BT) es una metaheurística basada en un procedimiento de búsqueda local propuesta en [19], que incorpora una estrategia globalizadora o diversificadora que permite movimientos hacia soluciones que no mejoran el valor de la función objetivo. Un panorama más detallado y la definición de los conceptos generales de BT pueden verse en [20]. En esencia, BT utiliza la información generada durante el proceso de búsqueda a los fines de escapar de óptimos locales y definir una estrategia para explorar el espacio de soluciones.

Nomenclatura necesaria para describir el algoritmo BT para el problema bajo análisis:

- S: Una secuencia cualquiera propuesta.
- V(S): Entorno de soluciones asociado a S. V(S) estará dado por el conjunto de permutaciones que se pueden obtener a partir de S.
- S₀: Secuencia inicial con la cual se da inicio al algoritmo.
- S_a: Secuencia actual, en una dada iteración de BT.
- S_c: Secuencia candidata a evaluar, en V(S_a), en una etapa de BT.
- A_{a,c}: Atributos de la modificación realizada para obtener S_c.
- U(S): Estabilidad de la tasa de consumo correspondiente a S.
- ΔU: Diferencia entre los valores de U de S_c y S_a, $\Delta U = U(S_c) - U(S_a)$.
- U(S*): Estabilidad de la tasa de consumo correspondiente a la mejor solución encontrada hasta el momento, S*.
- W: Número máximo (entero y positivo) de iteraciones a realizar por BT.
- R: Número de secuencias tentativas a evaluar en una iteración de BT.
- LT: Lista tabú, conjunto de atributos de las últimas soluciones aceptadas durante el proceso de búsqueda.
- N_{LT}: Número de elementos que pertenecen a la lista tabú.
- t: Número de iteraciones actual realizadas por BT.
- N_{sm}: Número de iteraciones realizadas sin mejora.
- N_{stop}: Número máximo de iteraciones permitidas sin mejora.

Para un dado valor de C, en el entorno de S_a se generan aleatoriamente R secuencias. Luego se adopta como S_c a la más eficiente desde el punto de vista de su valor de U. S_c reemplaza a S_a si los atributos de la modificación realizada, A_{a,c} no aparecen en la lista tabú (LT) de atributos de las últimas modificaciones aceptadas. El atributo que se considera en este caso es la posición dentro de la secuencia para los artículos afectados a un intercambio. Entonces, si los atributos de la modificación propuesta aparecen en LT, la secuencia estará prohibida y no podrá adoptarse como S_a. Si U(S_c) fuera inferior a la de todas las secuencias exploradas U(S*), la condición tabú de S_c puede ignorarse y puede aceptarse como S_a. Esto constituye, el criterio de aspiración utilizado para introducir flexibilidad en el algoritmo de BT. Si la modificación asociada a S_c aparece en LT y no se verifica el criterio de aspiración, entonces se efectúa el mismo análisis con la siguiente secuencia generada en la iteración actual. Como la generación de R secuencias, en cada iteración, implica cierto esfuerzo computacional, opcionalmente se puede generar secuencias sucesivas hasta que alguna no caiga en la LT o evada la condición tabú a través del criterio de aspiración. De todas formas, se seleccionará una S_c que tomará el lugar de la S_a. Cuando ocurre esto, se actualiza LT incorporando en el primer lugar los atributos (posiciones de los artículos intercambiados de la secuencia) asociados a la modificación realizada y disminuyendo, simultáneamente, la posición en un lugar para los restantes componentes de la LT, eliminando la condición de prohibido para el último elemento. El procedimiento descrito se repite W veces o hasta que se alcance un número N_{stop} de iteraciones sin mejora en la solución.

Cuando culmina la ejecución del algoritmo, la secuencia entregada será la mejor de todas las S_a inspeccionadas.

Para dar inicio al algoritmo se utiliza una heurística *greedy* o golosa que en este caso cae dentro de la categoría de los procedimientos del tipo constructivo. Estas metodologías generan una solución para el problema a través de un mecanismo iterativo que parte, en general, de una solución vacía a la cual se le van adicionando elementos hasta que se conforma una solución factible. La caracterización de *greedy* viene dada por el hecho de que el método, en cada paso, para elegir el próximo elemento que se incorporará a la solución, considera aquel elemento que provoca el mínimo incremento (en el caso de que se trate de un problema de minimización) en el valor de la función objetivo definida para el problema, en este caso, la estabilidad de la tasa de consumo, U . Seguidamente se detalla la nomenclatura a utilizar para el desarrollo del procedimiento *greedy* utilizado para generar una solución inicial para el algoritmo BT:

- S_p : Una secuencia parcial cualquiera propuesta para el problema.
- S_{p0} : Secuencia parcial inicial con la cual comienza el algoritmo, para un cierto C . Se adopta $S_{p0} = \emptyset$.
- S_{pa} : Secuencia parcial actual, en una dada iteración del algoritmo.
- S_{pki} : Secuencia parcial candidata a evaluar, en la etapa k del algoritmo ($k = 1, \dots, D_T$), obtenida al incorporar el artículo de tipo i a S_{pa} .
- $U(S_{pki})$: Estabilidad de la tasa de consumo correspondiente a la secuencia S_{pki} .

Se espera que, al finalizar, el procedimiento *greedy* determine una secuencia que proporcione un valor de U aceptable, de forma que se cuente con una solución subóptima, en un grado razonable, para el problema particular analizado, que proporcione un buen punto de partida para la mejora posterior mediante BT. El procedimiento *greedy* adiciona uno o más elementos a la secuencia S_{pa} , considerando el comportamiento del valor de la estabilidad de la tasa de consumo de acuerdo al procedimiento que se explicará seguidamente. Para cada tipo de artículo i se determina el valor de U de la secuencia parcial actualizada, S_{pki} , con la incorporación de un artículo del tipo i . Se incorpora, con una cierta probabilidad, el artículo del tipo i que provoque uno de los mínimos incrementos en U , si no se han asignado aún a la secuencia todos los artículos del tipo i considerado. El valor de probabilidad es decreciente en función del incremento que provoca la incorporación del artículo i a la secuencia, es decir, a menor incremento, mayor probabilidad de ser incorporado. Luego se repite el procedimiento D_T veces hasta que se hayan asignado todos los artículos de cada tipo a la secuencia.

El procedimiento general del algoritmo completo de BT implementado se puede resumir a través del siguiente pseudocódigo:

i. Inicio

Se utiliza un procedimiento constructivo *greedy* aleatorizado para generar una solución inicial, S_0 .

Se evalúa $U(S_0)$, empleando la Ecuación (6).

S_0 se adopta como solución actual $S_a \leftarrow S_0$, $t = N_{sm} = 0$, $LT = \emptyset$.

ii. Iteración t

Se generan aleatoriamente R soluciones candidatas en el entorno de S_a , $S_c \in V(S_a)$.

Se evalúa $U(S_c)$ para las R secuencias generadas.

Se calcula $\Delta U = U(S_c) - U(S_a)$ para las R soluciones candidatas.

Si existe S_c tal que $A_{a,c} \notin LT$ o $U(S_c) < U(S^*)$, la nueva solución es aceptada: $S_a \leftarrow S_c$. En caso de existir más de una solución que verifique la condición se elige aquella de menor valor de ΔU .

$N_{sm} \leftarrow 0$

Se actualiza LT incorporando $A_{a,c}$ en la primera posición de la lista, desplazando los primeros $LT - 1$ atributos en una posición, eliminando los atributos ubicados en la posición N_{LT} .

En otro caso, $N_{sm} \leftarrow N_{sm} + 1$.

$t \leftarrow t + 1$

Si $t = W$ o se verifica que $N_{sm} = N_{stop}$, se detiene la ejecución, en otro caso se continúa la ejecución.

4. EXPERIENCIA COMPUTACIONAL.

Mediante el editor de Visual Basic for Applications fue codificado el algoritmo basado en la metaheurística BT utilizado para generar secuencias niveladas en entornos JIT. Este algoritmo trabaja sobre una planilla de cálculo de MSEXcel, en la cual se pueden cargar los datos del problema

y obtener los resultados finales de la ejecución del algoritmo. La experiencia computacional se desarrolló sobre una CPU con 8GB de memoria RAM y un procesador i-core 7, bajo un sistema operativo de 64-bits.

Se aplicó la metodología propuesta a un conjunto de problemas de prueba de la literatura con el fin de estudiar el desempeño del algoritmo presentado. Las secuencias obtenidas se compararon con las secuencias óptimas conocidas que se indican en [21], correspondientes a los cuarenta y cinco problemas resueltos. Se realizaron treinta réplicas de la ejecución del algoritmo con cada uno de los problemas para evaluar adecuadamente su desempeño.

En la Tabla 2 se indican los valores de los requerimientos unitarios de componentes, b_{ij} , para los tipos de artículos del conjunto de problemas analizado. En la Tabla 3 se muestra la información detallada de cada uno de los problemas resueltos, así como también los valores asociados con el desarrollo de la experiencia computacional.

Tabla 2 Valores de b_{ij} considerados para el conjunto de problemas resueltos.

b_{ij}	P_1	P_2	P_3	P_4
C_1	0	0	0	5
C_2	3	1	0	5
C_3	3	3	5	0
C_4	4	6	5	0

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Como se indicó anteriormente, la información relacionada con la resolución de los problemas de prueba se encuentra detallada en la Tabla 3. Esta muestra, los resultados relativos a la calidad de las soluciones obtenidas mediante el algoritmo BT. Para cada problema, se indica el valor óptimo de la estabilidad de la tasa de consumo de componentes (U_{opt}), el valor promedio de las treinta réplicas obtenido mediante BT (U_{BT}) y el tiempo de cómputo promedio requerido para ejecutar el algoritmo en las treinta réplicas realizadas. Puede concluirse, estudiando la información volcada en la Tabla 3, que, para todos los problemas estudiados, las soluciones obtenidas mediante BT resultan ser, en todos los casos, coincidentes con los valores óptimos que se indican en la literatura.

Los resultados conseguidos a través del algoritmo BT propuesto no presentan ningún tipo de dispersión con relación al indicador empleado para evaluar la calidad de las soluciones obtenidas, lo cual implica que para todos los problemas analizados las secuencias obtenidas a través de BT en todas las ejecuciones del algoritmo coincidieron con las óptimas. Consecuentemente, se puede inferir que las soluciones obtenidas a través de BT proporcionan resultados de muy buena calidad en relación con la estabilidad de la tasa de consumo. Debe destacarse, asimismo, que los tiempos de cómputo se mantuvieron relativamente estables y en valores razonables, guardando cierta proporcionalidad con el tamaño de cada uno de los problemas resueltos, destacándose que las variaciones observadas pueden atribuirse en gran parte a la calidad de la solución inicial que proporciona el procedimiento *greedy*.

6. CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha presentado una estrategia metaheurística basada en la búsqueda tabú para resolver un problema de secuenciación que aparece vinculado a los sistemas de producción *just-in-time*.

A partir de un estudio de los resultados obtenidos se concluye que el método propuesto ha sido capaz de generar, en todos los casos, las soluciones óptimas que se encuentran disponibles en la literatura, para el conjunto de problemas estudiado. Asimismo, los resultados no presentan dispersión alguna, con lo cual puede garantizarse una consistencia adecuada en cuanto a la calidad de las secuencias obtenidas. Por otro lado, el desempeño respecto de los tiempos de cómputo resulta ser aceptable tanto en cuanto a sus valores como a su variación asociada al tamaño del problema y la calidad de la solución inicial. Cabe aclarar que inexistencia de dispersión en los resultados obtenidos resulta de gran relevancia teniendo en cuenta la magnitud de los errores que pueden cometerse al generar secuencias de producción para el problema estudiado, por lo cual se considera que, en definitiva, esta herramienta provee resultados inmejorables en cuanto a su calidad, hecho que se refuerza aún más si se considera que los tiempos de cómputo invertidos siempre observan magnitudes relativamente previsibles y uniformes. Por lo tanto, se entiende que esta metodología ofrece solidez en las medidas de desempeño consideradas que la caracterizan como una metodología atractiva para resolver el problema considerado. No obstante, debe consignarse que para generalizar estos resultados preliminares deberían realizarse experimentos adicionales que permitan confirmar la performance del algoritmo con relación a la calidad de las soluciones y el esfuerzo de cómputo requerido en su obtención.

Tabla 3 Resultados de los experimentos computacionales.

Problema	Demandas				η	U_{opt}	U_{BT}	Tiempo promedio (s)
	P_1	P_2	P_3	P_4				
1	17	1	1	1	6840	72,7	72,7	13,95
2	1	17	1	1	6840	133,7	133,7	5,40
3	1	1	17	1	6840	150,7	150,7	6,29
4	1	1	1	17	6840	155,3	155,3	6,12
5	9	9	1	1	18475600	90,3	90,3	29,46
6	9	1	9	1	18475600	99,1	99,1	34,30
7	9	1	1	9	18475600	114,7	114,7	0,39
8	1	9	9	1	18475600	141,3	141,3	4,79
9	1	9	1	9	18475600	149,7	149,7	7,23
10	1	1	9	9	18475600	177,1	177,1	7,49
11	6	6	4	4	8147739600	130,4	130,4	8,45
12	6	4	6	4	8147739600	129,4	129,4	13,14
13	6	4	4	6	8147739600	148,6	148,6	7,38
14	4	6	6	4	8147739600	157,4	157,4	6,74
15	4	6	4	6	8147739600	146,2	146,2	6,50
16	4	4	6	6	8147739600	155,6	155,6	8,80
17	5	5	5	5	11732745024	137,5	137,5	6,38
18	6	6	6	2	3259095840	122,8	122,8	6,95
19	6	6	2	6	3259095840	135,6	135,6	7,13
20	6	2	6	6	3259095840	147,6	147,6	7,65
21	2	6	6	6	3259095840	149,2	149,2	10,21
22	2	4	6	8	1745944200	153,4	153,4	8,53
23	2	4	8	6	1745944200	147	147	7,05
24	2	6	4	8	1745944200	144,8	144,8	10,44
25	2	6	8	4	1745944200	144,8	144,8	32,09
26	2	8	4	6	1745944200	139,8	139,8	7,88
27	2	8	6	4	1745944200	148,6	148,6	25,43
28	4	2	6	8	1745944200	162,2	162,2	5,72
29	4	2	8	6	1745944200	158,2	158,2	7,30
30	4	6	2	8	1745944200	157,4	157,4	5,75
31	4	6	8	2	1745944200	129,4	129,4	16,57
32	4	8	2	6	1745944200	146,8	146,8	8,25
33	4	8	6	2	1745944200	130	130	15,46
34	6	2	4	8	1745944200	125,6	125,6	5,84
35	6	2	8	4	1745944200	125,6	125,6	7,31
36	6	4	2	8	1745944200	129,4	129,4	6,21
37	6	4	8	2	1745944200	118,2	118,2	16,09
38	6	8	2	4	1745944200	128,6	128,6	6,36
39	6	8	4	2	1745944200	117,4	117,4	20,58
40	8	2	4	6	1745944200	141,4	141,4	9,65
41	8	2	6	4	1745944200	116,6	116,6	7,84
42	8	4	2	6	1745944200	137,2	137,2	6,25
43	8	4	6	2	1745944200	118,8	118,8	7,38
44	8	6	2	4	1745944200	111,8	111,8	134,37
45	8	6	4	2	1745944200	112,6	112,6	44,69

En cualquier caso, en caso de no confirmarse los resultados preliminares, esta estrategia metaheurística ofrecería posibilidades de mejora, en una primera instancia, en la instrumentación del procedimiento asociado con la generación de la secuencia inicial, que se obtiene mediante la aplicación del procedimiento constructivo *greedy*. También esta técnica podría emplearse para generar secuencias iniciales de gran calidad, razonablemente buenas, factibles de ser mejoradas a través de otros procedimientos de refinamiento posterior. En relación con esto último resultaría interesante proponer estrategias integradoras con otras metaheurísticas, como por ejemplo *simulated annealing* (SA) o algoritmos genéticos (AG), por ejemplo, que han sido propuestas para atacar este tipo de problemas.

En cuanto a utilización práctica de la solución, el usuario de esta herramienta contaría con la posibilidad de tomar mejores decisiones de planificación, especificando inicialmente la cantidad de productos finales que se deben ensamblar y los requerimientos unitarios de los distintos componentes necesarios para elaborar cada uno de esos artículos, luego de lo cual se ejecutaría el

algoritmo para obtener posteriormente una secuencia que provea una adecuada estabilidad de la tasa de consumo de componentes.

En relación con las posibilidades de trabajo futuro, además de la ampliación del trabajo experimental mencionado anteriormente, se estima conveniente extender el análisis hacia otras metodologías heurísticas para la generación de secuencias subóptimas, a los efectos de explorar las posibilidades de mejora en los resultados obtenidos. De la misma forma, se estima que los avances en el diseño de la estrategia metaheurística empleada, y la búsqueda de estrategias de hibridación, como por ejemplo la mencionada más arriba, podría dar lugar a implementaciones más eficientes con posibilidades de mejora en la performance.

7. REFERENCIAS.

- [1] Wren A. (1996). "Scheduling, timetabling and rostering, a special relationship?". *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 1153, págs. 46-75.
- [2] Landa, J.; Burke, E. (2002). "A tutorial on multiobjective metaheuristics for scheduling and timetabling". *Actas del 1º Workshop on Multiobjective Metaheuristics*. París, Francia.
- [3] Casal, R.; Toncovich, A.; López, N.; Corral, R. (2002). "Metaheurística aplicada a la determinación de secuencias de producción en un sistema just-in-time". *Actas del Simposio en Investigación Operativa - 31 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa*. Santa Fe, Argentina. Vol. 31, págs. 51-63.
- [4] Casal, R.; Toncovich, A. (2002). "Una estrategia multiobjetivo para el secuenciamiento just-in-time nivelado con consideración de lanzamientos". *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*. No. 24, págs. 53-72.
- [5] Domínguez Machuca, J. (Editor); García González, S.; Domínguez Machuca, M.; Ruiz Jiménez, A.; Álvarez Gil, M. (1995). *Dirección de operaciones. aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Editorial McGraw Hill. Madrid, España.
- [6] Marín, F.; Delgado, J. (2000). "Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción". *Revista de Economía Industrial*. Vol. 1, no. 331, págs. 35-41.
- [7] Monden, Yasuhiro. (1994). *Toyota Production System. An Integrated Approach to Just-In-Time*. New York, EUA. Chapman & Hall.
- [8] Macaskill, J. L. C. (1972). "Production line balances for mixed-model lines". *Management Science*. Vol. 20, no. 4, págs. 423-433.
- [9] Sumichrast, R.; Russell, R. (1990). "Evaluating mixed-model assembly line sequencing heuristics for JIT production systems". *Journal of Operations Management*. Vol. 9, no. 3, págs. 371-390.
- [10] Thomopoulos, N. T. (1967). "Line balancing-sequencing for mixed-model assembly". *Management Science*. Vol. 14, no. 2, págs. 59-75.
- [11] McMullen, P.; Frazier, G. (2000). "A simulated annealing approach to mixed-model sequencing with multiple objectives on a JIT line". *IIE Transactions*. Vol. 32, no. 8, págs. 679-686.
- [12] McMullen, P. (1998). "JIT sequencing for mixed-model assembly lines with setups using tabu search". *Production Planning & Control*. Vol. 9, no. 5, págs. 504-510.
- [13] Brauner, N.; Crama, Y. (2000). "The maximum deviation just-in-time scheduling problem". *Discrete Applied Mathematics*. Vol. 134, págs. 25-50.
- [14] Steiner, G.; Yeomans, S. (1993). "Level schedules for mixed model JIT processes". *Management Science*. Vol. 39, no. 6, págs. 728-735.
- [15] Miltenburg, J. (1989). "Level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems". *Management Science*. Vol. 35, no. 2, págs. 192-207.
- [16] Brauner, N.; Crama, Y.; Grigoriev, A.; Van De Klundert, J. (2001). "On the complexity of high multiplicity scheduling problems". *Actas del Fifth Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems MAPSP'01*. Aussois, Francia.
- [17] Díaz, A. (Editor); Glover, F.; Ghaziri, H. M.; González, J. L.; Laguna, M.; Moscato, P.; Tseng, F. T. (1996). *Optimización heurística y redes neuronales*. 1ª edición. Editorial Paraninfo.
- [18] Silver, E.; Vidal, R.; De Werra, D. (1980). "A tutorial on heuristic methods". *European Journal of Operational Research*. Vol. 5, págs. 153-162.
- [19] Glover, F. (1989). "Tabu search. Part I". *ORSA Journal of Computing*. Vol. 1, págs. 190-206.
- [20] Glover, F.; Laguna, M. (1993). "Tabu Search". En: *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*. C. Reeves (Editor). Blackwell Scientific Publishing, Oxford. Págs. 70-141.
- [21] 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, págs. 101-113.

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer el financiamiento recibido de la Universidad Nacional del Sur para el desarrollo de los proyectos PGI 24/J084 y PGI 24/ZJ35.

Madurez del almacén de suministros de una institución pública de salud

Micaela Oliveto¹, Emilia Spina², Claudia Rohvein³

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires.
Av. del Valle 5737*

(1) olivetomicaela@gmail.com, (2) emilia.spina@fio.unicen.edu.ar, (3) crohvein@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Conocer el nivel de madurez de los procesos representa un punto de partida para aplicar mejores prácticas que conlleven a un mejor desarrollo de los mismos.

La metodología de almacén de clase mundial, debido a su baja complejidad, resulta ser una herramienta adecuada para obtener un diagnóstico general de la situación y, de esa forma, iniciar un camino hacia la mejora continua de los procesos. El presente trabajo utiliza como caso de estudio el depósito de suministros de una institución pública de salud, en donde se evalúan los procesos de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. El objetivo es aplicar dicha metodología para analizar en forma cualitativa y posteriormente valorizar diez elementos clave que pueden estar presentes en cualquier almacén. Los mismos son manejo de la información y operación, procedimientos, recurso humano, entrenamiento para la gestión, manejo de terceros, automejoramiento, almacenamiento y manipulación, sistema de reabastecimiento, calidad del inventario y organización física. El valor obtenido da como respuesta el nivel de madurez de los procesos involucrados.

Como resultado se obtuvo que los elementos mejor puntuados son el recurso humano y el programa de automejoramiento. Se busca que las acciones futuras contribuyan a aumentar el nivel de madurez.

Palabras Claves: madurez de clase mundial, almacén, institución pública de salud.

ABSTRACT

Knowing the level of maturity of the processes represents a starting point to apply best practices that lead to a better development of them.

Due to its low complexity, the world class warehouse methodology turns out to be an adequate tool to obtain a general diagnosis of the situation and to start the path towards the continuous improvement of the processes. The present work uses as a case study the deposit of supplies of a public health institution, where the processes of reception, storage preparation of orders and dispatch are evaluated. The objective is to apply this methodology to qualitatively analyze and then value ten key elements that may be present in any warehouse. These elements are: information management and operation, procedures, human resources, training for management, third party management, self-improvement, storage and handling, replenishment system, inventory quality and physical organization. The value obtained is the level of maturity of the processes involved.

As a result, it was obtained that the best scored elements are the human resource and the self-improvement program. It is expected that future actions contribute to increase the level of maturity.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de madurez se utiliza en diversos campos del conocimiento, y a lo largo de la década de los 90 se han desarrollado numerosos modelos para muchas áreas y propósitos diferentes. En general un modelo de madurez es una herramienta para evaluar y mejorar habilidades, capacidades y competencias [1].

Según [2] el término madurez traduce el desarrollo de una etapa inicial a una etapa final en la que hay una evolución de procesos de etapa intermedia, a la plena madurez. Mientras que para [3] 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.

En el contexto de la gestión de la cadena de suministro, el concepto de madurez del proceso está relacionado con su ciclo de vida, el cual queda determinado por la medida en que ese proceso este explícitamente definido, administrado, medido y controlado. Un modelo de madurez asume que el progreso hacia el logro de metas viene en etapas [4].

En [5] se 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. Por lo tanto, teniendo en cuenta que en las organizaciones maduras los datos se recogen y se utilizan con el fin de analizar, controlar, y contrastar el rendimiento de la planificación, estas organizaciones alcanzan sus objetivos, tiempo y costo de manera coherente y eficaz. Por otra parte, a menudo las inmaduras no alcanzan sus objetivos ni los plazos y los costos son superiores a los presupuestados.

En el presente trabajo, la unidad de análisis seleccionada como caso de estudio es una organización pública de salud de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina. La misma ofrece diversos servicios médicos cómo, internación de adultos y materno-infantil, cirugía, consultorios externos, diagnóstico por imágenes, laboratorio de análisis clínicos y farmacia, entre otros.

En ésta instancia, el área en estudio es el depósito de suministros de dicha institución, el cual se encarga de proveer a los diferentes servicios todos los insumos que éstos requieren diariamente. Además, abastece a distintos centros de atención primaria de la salud (CAPS) distribuidos en la ciudad de Olavarría y alrededores, y a hospitales de la zona.

En éste depósito se realizan distintas operaciones logísticas como recepción, clasificación e identificación de mercancía y almacenamiento sumado a la preparación de pedidos internos y externos a la institución, para su posterior despacho y distribución. Este sector se considera clave para que los demás servicios del establecimiento puedan realizar sus funciones convenientemente y dispongan de los insumos necesarios en tiempo y forma.

Según [6] para que un almacén adquiera un nivel competitivo, debe alcanzar elevados estándares que impone el mercado actual, donde el papel del almacén ya no es el del lugar donde reposan las mercancías, sino un centro de distribución y consolidación de productos donde se realizan funciones complejas como recepción, despacho, clasificación e identificación de mercancías e, incluso, operaciones de ensamble y empaque.

Una alternativa para abordar el avance de madurez de los procesos logísticos involucrados en el depósito de suministro de la institución de referencia es utilizar la metodología de Almacén de Clase Mundial. La misma propone estudiar, mediante inspección física y de manera cualitativa, diez elementos clave. Conjuntamente, la metodología adiciona en su análisis cuantitativo la aplicación de un cuestionario y el cálculo de un factor de posicionamiento (F.P.), el cual resulta ser un indicador del nivel de madurez actual de los procesos, permitiendo de este modo definir las medidas que deben adoptarse, los cambios que se deben canalizar y dónde impulsar las mejoras para emprender el camino y convertirse en un almacén de clase mundial [6].

Desde ese punto de vista, un almacén de clase mundial es aquel que presenta las siguientes características: bajo nivel de inventarios, información confiable, bajo nivel de bienes obsoletos, optimización de recursos, mano de obra, instalaciones físicas, equipos, procesos, eliminación de actividades y procesos que no agregan valor y disminución de trámites y papelería [7].

[6] asegura que los resultados que se obtienen de un almacén de clase mundial trascienden más allá del área de inventarios y se convierte en una herramienta estratégica para la organización, ya que son varias las áreas que obtienen servicios e información del almacén.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es evaluar la madurez de los procesos logísticos involucrados en el depósito de suministros de una organización de salud pública de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina, bajo la metodología de almacén de clase mundial que permita reconocer las necesidades de implementación de mejores prácticas en pos de alcanzar estados sucesivos de madurez.

2. METODO

La metodología utilizada para realizar la investigación sobre la madurez de los procesos logísticos involucrados en el depósito de suministros está basada en el estudio de caso propuesto por [8] 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.

Según [8] el estudio de caso es una investigación empírica que estudia un fenómeno dentro de su contexto de la vida real, donde los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. Trata una situación donde están involucradas más de una variable de interés y se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación y se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos.

Efectivamente, el presente trabajo 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 los procesos logísticos del depósito de suministros según el modelo de madurez de almacén de clase mundial propuesto por [6]. Este diagnóstico da pautas para detectar dónde es necesario aplicar mejores prácticas logísticas y establecer una hoja de ruta para las acciones de mejora al describir el estado sucesivo deseable de madurez.

La investigación busca hacer una reflexión sobre las acciones que permiten alcanzar estados superiores de nivel de madurez del almacén de suministro, mejorar los procesos logísticos de manera que estén definidos, administrados, medidos y controlados, y aumentar el grado de aplicación de buenas prácticas logísticas disponibles.

El trabajo emplea un enfoque mixto, el cual implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para lograr un mejor entendimiento del caso [9].

Para obtener el diagnóstico de la situación actual se recurre a la metodología de almacén de clase mundial propuesta por [6]. En la misma se plantea que para realizar una evaluación del almacén, se requiere hacer un análisis de diez elementos clave (EC), o dimensiones. Las mismas son: manejo de la operación y la información, procedimientos, recurso humano, entrenamiento, manejo de terceros, programa de automejoramiento, almacenamiento y manipulación de mercancías en general, sistema de reabastecimiento, calidad del inventario y organización física. Se complementa la información relevada desde observación directa y base de datos con un cuestionario disponible en [6] que despliega preguntas en cada una de estas diez dimensiones para obtener un diagnóstico exhaustivo del área en estudio. Luego estas respuestas se valoran en una escala par de calificación de 2 a 10, donde su significado es: 2 (nada), 4 (pobre o parcial), 6 (regular), 8 (buena), 10 (excelente) y se resumen estos diez elementos clave en una matriz con el valor promedio de las respuestas a las preguntas que lo componen.

Para finalizar el análisis en forma cuantitativa, se utiliza un factor de posicionamiento. Este paso es muy importante, ya que consiste en resumir el estado general del almacén y llevarlo a una calificación numérica. Esta cifra representa, en porcentaje, el estado actual y muestra claramente que tan cerca o tan lejos se está del almacén de clase mundial. Para determinarlo se utiliza la Ecuación N° 1.

$$F. P. = \frac{1 \times (\#EC \geq 8) + 0,5 \times (\#EC = 6) - 1 \times (\#EC \leq 4)}{N^{\circ} \text{ DE ELEMENTOS CLAVES}}$$

Ecuación N° 1: Factor de posicionamiento. Fuente: [6].

Al realizar el cálculo del F.P. se obtiene un indicador de la situación actual del área que se está evaluando, variable desde -100 a 100%. El mismo representa un indicador de madurez que permite la comparación y la determinación en el grado de avance.

Para efectuar la elección de la unidad de análisis se definen como principales criterios: el tipo de organización, el impacto de los procesos logísticos en su actividad social y el grado de accesibilidad a la misma para el desarrollo de la investigación.

La unidad de análisis seleccionada es una organización pública de salud de la ciudad de Olavarría, Argentina, que realiza actividades de prestación de servicios de salud a la comunidad en representación del Estado. Los procesos logísticos involucrados son gestión de pedidos, almacenamiento, compras, inventarios, distribución de insumos y medicamentos a los CAPS y en los flujos inversos. Sus clientes son habitantes de Olavarría y la zona en todo su rango etario, muchos de los cuales carecen de recursos económicos y cobertura médica. Su estructura en recursos humanos está conformada por 1250 empleados entre administrativos, personal obrero y servicio, técnicos, enfermeros y médicos.

En el presente trabajo, el área en estudio es el depósito de suministros de ésta institución, el cual se encarga de proveer todos los insumos que requieren diariamente los diferentes servicios médicos que ofrece y los centros de atención primaria anexos.

La recolección de datos surge de fuentes primarias mediante la observación directa en el lugar de trabajo y la realización de entrevistas semiestructuradas realizada a personal directivo (2) y

operativo (1) para la aplicación del cuestionario de preguntas abiertas y cerradas, Almacén de Clase Mundial, disponible en el anexo de [6]. Las fuentes secundarias están constituidas por el acceso a la base de datos de la institución. En el almacén operan cinco personas en total, el encargado del depósito, una empleada administrativa y el personal restante para actividades como recepción de mercadería, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho.

La información recopilada se analiza sobre la base de las respuestas obtenidas en la entrevista, la caracterización mediante la observación y el acceso a la base de datos. Del análisis cuantitativo 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 organización.

3. DESARROLLO

3.1. Evaluación de procesos, procedimientos y recursos del almacén

Los procesos principales llevados a cabo en el depósito de la institución y relevados en el presente trabajo son recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho.

A partir de una inspección física del área en estudio, se recolectó información cualitativa que permite el análisis de cada uno de los aspectos tomados en cuenta en el modelo de almacén de clase mundial. Conjuntamente, la aplicación del cuestionario disponible en el anexo de [6] y el análisis de las respuestas, permite valorizar cada una de ellas y dimensionar por medio de un enfoque mixto, el nivel de madurez de cada una de las diez dimensiones estudiadas.

El análisis global de la información recopilada en la entrevista, la observación directa y la base de datos arroja los resultados presentados en la Figura N° 1.

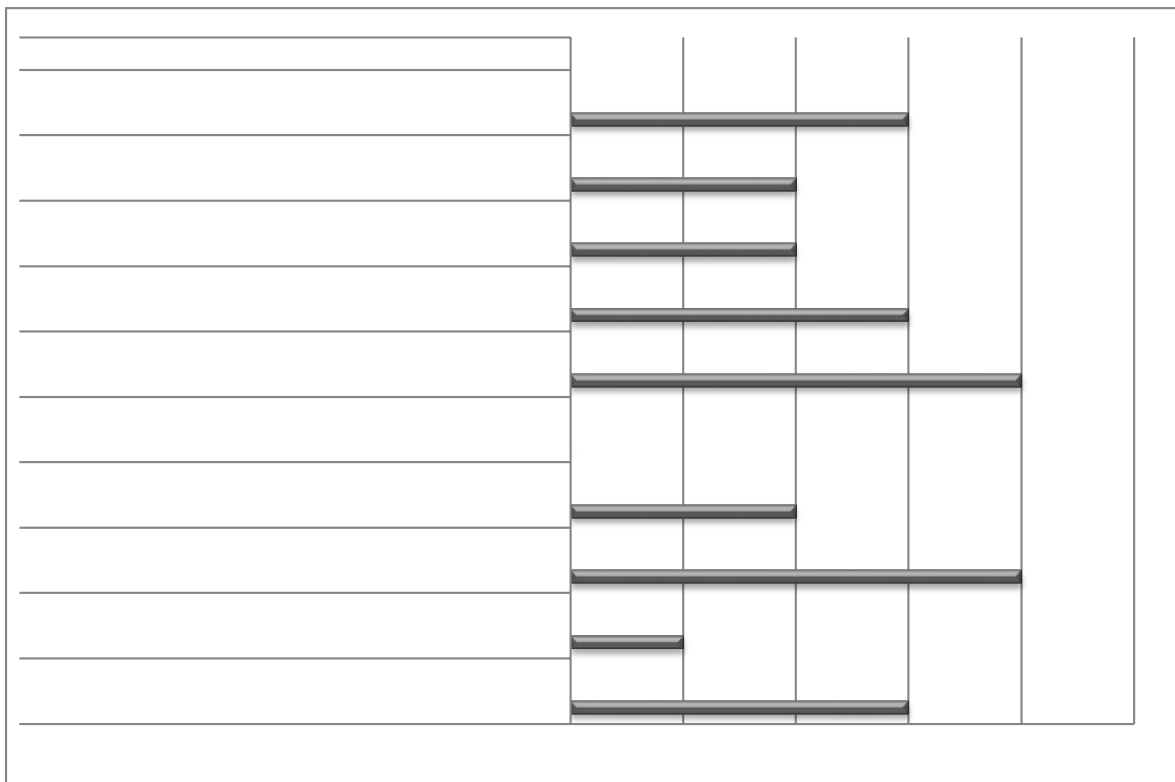


Figura N° 1: Situación actual en el depósito de suministro. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se brinda un análisis acompañado con datos que justifican la determinación del nivel de madurez en cada dimensión abordada en el modelo de almacén de clase mundial. Las mismas son: manejo de la operación y la información, procedimientos, recurso humano, entrenamiento, manejo de terceros, programa de automejoramiento, almacenamiento y manipulación de mercancías en general, sistema de reabastecimiento, calidad del inventario y organización física.

3.1.1. Manejo de la operación y la información

En ésta dimensión se alcanza un valor cuantitativo igual a 6 como muestra la Fig. N° 1, representado por las siguientes características de funcionamiento.

El depósito cuenta con un sistema informático diseñado para recibir pedidos internos y externos a la institución, como así también realizar remitos y revisar órdenes de compra. Además, dispone información detallada de cada uno de los insumos permitiendo el seguimiento de los mismos desde que ingresan hasta que egresan del depósito. Los campos que maneja el sistema son los siguientes: código de la referencia, descripción, fecha de ingreso y de egreso, cantidad, precio,

proveedor, movimientos, servicio que lo solicita, estado, disponibilidad y número de orden de compra.

El sistema permite hacer un corte para conocer datos de inventario, diferencias y ajustes en el mismo. La depuración de obsoletos se hace de forma sistemática y bajo proceso definido.

Se dispone de indicadores básicos como rotación, meses de inventarios, nivel de obsoletos, entradas y consumos detallados, sin embargo los mismos no se usan sistemáticamente para las mejoras.

Para complementar la información disponible en el almacén, se utilizan planillas de cálculos. En las mismas se cargan las fechas de entrada de los insumos con su respectivo proveedor, número de remito, código, descripción, cantidad y número de lote. Los archivos generados en este programa se comparten con el área de compras y con la dirección administrativa de la institución. Mediante el uso de estos sistemas se cuenta con buena disponibilidad y uso de la información con la salvedad que no todos los insumos se ingresan al sistema informático con fecha de vencimiento y por ende no cuentan con un sistema que alerte sobre la proximidad de vencimiento de los productos.

Asimismo, la organización física no respeta el sistema FEFO (First expired first out), es decir que lo primero que vence es lo primero que sale, lo que conlleva a que muchas referencias se venzan en las estanterías por ausencia de alertas que permitan tomarlo en consideración al momento de preparar los pedidos.

La mayoría de los insumos cuentan con un lugar asignado. No obstante, cuando ingresan al depósito y son ingresados al sistema no se explicita la ubicación de los mismos, como pasillo y estantería.

31.2 Procedimientos

En la Fig. N° 1 se ve que la segunda dimensión consigue un valor igual a 2 representado por el hecho que todos los procesos efectuados en el depósito, recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho, están definidos, el personal debe respetar y seguir determinados pasos para que las actividades se ejecuten de manera correcta. Sin embargo, estos procedimientos no están escritos formalmente, no se miden ni se controlan. Ante un inconveniente, una duda o un error en la ejecución de las tareas el personal debe consultar al encargado del depósito, quien resuelve la situación de manera ad hoc. Cuando surgen cambios de procedimiento, los mismos son comunicados de forma verbal al personal con la consecuente confusión potencial.

Además, no poseen un manual de funciones sobre los diferentes cargos del almacén con criterios de calidad y factores críticos de éxito.

31.3 Recurso humano

Con respecto al factor recurso humano, la Figura N° 1 ilustra un valor alcanzado igual a 8. En relación a las particularidades de este punto se relevó que el encargado del depósito es quien está a cargo del personal, emite las órdenes y determina la forma de trabajar, ocupando el rol de líder dentro del grupo. Está preparado para ejecutar todas las tareas que se desarrollan en el área de trabajo y conoce sus detalles. La administración, que involucra la gestión de proveedores, la carga de datos y la atención telefónica, son llevadas a cabo por una empleada capacitada para el desarrollo de las mismas. Cuando la situación lo requiere, también participa en el resto de los procesos del almacén. En cambio, las actividades que requieren un mayor esfuerzo físico como recepción de mercadería, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho son realizadas por el resto del personal sin asignación predeterminada.

Al observar el desempeño del equipo de trabajo se puede detectar la conformación de subgrupos por afinidad entre las personas. Por otra parte, como aspecto positivo se destaca la flexibilidad y buena predisposición de las personas, demostrando capacidad de aprendizaje y poca resistencia al cambio.

31.4 Entrenamiento

La dimensión entrenamiento logra un valor igual a 4 como se observa en la Figura N° 1. En este punto la capacitación permite que las personas adquieran mayor información y conocimientos sobre las actividades que desarrollan. Asimismo, el entrenamiento del personal mejora la manera de llevar a cabo las tareas que les han sido asignadas, conociendo sus responsabilidades y permitiendo ser conscientes de sus expectativas personales, fomentando así un aumento del rendimiento y mejores resultados. Sin embargo, la organización de referencia posee una planificación escasa sobre capacitación y entrenamiento.

En el último año, el personal administrativo del depósito fue capacitado en sistemas de gestión. No existe un plan de capacitación sistemático que se cumpla de manera estricta todos los años y para todos los miembros. Además, una vez recibida la capacitación, no se da continuidad al entrenamiento ni a la evaluación por lo que no hay realimentación de los resultados e información sobre el efecto provocado en el desempeño del personal.

Por otra parte, todos los integrantes del equipo de trabajo conocen las tareas que llevan a cabo el resto de sus compañeros, por lo que es posible realizar determinadas rotaciones de puestos en caso de que alguno de ellos se ausente. Es decir, la administrativa y el encargado colaboran en las actividades de recepción de mercadería, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. En cambio, el resto del personal no accede a la gestión de proveedores, la carga de datos y la atención telefónica.

En las situaciones de requerimiento de nuevo personal, el encargado realiza una inducción con el fin de que la persona ingresante se interiorice con el área de trabajo y las actividades a realizar. No obstante, no se lleva a cabo de manera formal ya que no se cuenta con un programa de inducción consecuente.

31.5 Manejo de terceros

El depósito no cuenta con servicios tercerizados, sino que todos los procesos son llevados a cabo en las instalaciones propias y por personal interno. Por lo tanto, este punto no corresponde ser analizado.

31.6 Programa de automejoramiento

El presente punto clave exhibe un valor igual a 8 en la Figura N° 1. Este punto contempla un programa de automejoramiento, el cual permite identificar y corregir aquellas deficiencias que alteran la calidad de los servicios o procesos. En particular, el almacén cuenta con un programa que, si bien no se encuentra explicitado como tal, está destinado a evaluar el cumplimiento de metas y objetivos. Para eso, todos los meses la dirección administrativa de la institución solicita un informe sobre un determinado tema que se quiere analizar. Dicho informe es presentado y explicado por el encargado del depósito en un encuentro denominado "Reunión de objetivos". De esta forma, se logran evaluar los resultados administrativos y operativos del almacén en un momento específico. Si bien los objetivos del depósito están definidos y el personal los conoce, no están formalizados. Por otra parte, se designa a la autoinspección como la actividad basada en el compromiso de todo el personal, la cual puede derivar en un plan de acción que ayude a corregir las deficiencias que se presenten y mejore el desempeño del almacén. En el caso de estudio, durante los últimos meses se han implementado auditorías propias con la finalidad de mantener el orden y el control de los insumos, sin embargo no se ha definido una periodicidad de aplicación ni se generan informes de los resultados. Los errores más frecuentes se evidencian al revisar el stock y compararlo con el registrado en el sistema.

31.7 Almacenamiento y manipulación

En referencia a la dimensión almacenamiento y manipulación la Figura N° 1 muestra un valor igual a 6. Para caracterizar este punto se recurre a una descripción de los sectores físicos.

El depósito cuenta con planta baja y primer piso. Este último se encuentra dividido en dos partes separadas físicamente y con asignación de productos determinados. A continuación, se explica la situación actual de cada sector de almacenamiento:

- **Planta baja:** Está conformada por la oficina administrativa, los muelles de carga y descarga y puerta de acceso, la zona de preparación de pedidos y la de almacenamiento. Esta última posee 19 estanterías convencionales, donde los insumos se organizan por sector (programas de salud, odontología, nutriciones, descartables, medicamentos en todas sus presentaciones, laboratorio, drogas de fabricación, esterilización, entre otros). También dispone de 2 heladeras y un freezer donde se colocan reactivos y medicamentos que necesitan de refrigeración. Además, cuenta con pallets que permiten almacenar en bloque, la mercadería de mayor peso como, por ejemplo, cajas de leche en polvo, sueros, bidones para limpieza y resmas de hojas.
En este sector se observan pasillos bloqueados por cajas o bolsas con insumos que esperan destino de ubicación de almacenaje o despacho y se percibe ausencia de pasillos señalizados claramente.
- **Primer piso, sector 1:** Cuenta con 9 estanterías convencionales destinadas al almacenamiento de productos de limpieza y de librería. Además, posee 3 estanterías convencionales adicionales reservadas para albergar todas las copias de formularios utilizados por la institución. Aquellos insumos que representan mayor volumen, como los paquetes de papel higiénico, se colocan en pallets. En general, dispone de una buena distribución y uso del espacio. Además, cuenta con un montacargas para subir o bajar gran cantidad de productos.
- **Primer piso, sector 2:** Aquí se dispone de 21 estanterías convencionales. Las mismas almacenan diversos productos como pañales, jeringas, ampollas, frascos, gasas, algodón y bobinas, entre otros. Cuenta con 2 montacargas para el transporte de los insumos.
En este sector se observan diversos inconvenientes como, algunas estanterías no aprovechan al máximo su capacidad de almacenamiento, dado que se encuentran

ubicadas a lo largo de manera consecutiva contra la pared, por lo que no disponen de pasillos que permitan acceder a ambos lados de la misma. Por otro lado, hay pasillos cuyas dimensiones son mayores a las necesarias, teniendo en cuenta el medio de manipulación utilizado para el traslado de insumos; y otros, que se encuentran obstaculizados por cajas con elementos en desuso o cajas que no disponen de estantería o pallets para su almacenamiento. También, se observa que los insumos no están almacenados siguiendo criterios de clasificación o de control de inventario. Se visualiza acumulación de productos en los pasillos del depósito y en los demás espacios libres, dificultando la circulación y el almacenamiento.

31.8 Sistema de reabastecimiento

Inherente al punto sistema de reabastecimiento, el cual alcanza una valoración de 4 puntos como indica la Figura N° 1, la instancia de reponer los insumos se lleva a cabo por medio del sistema de gestión del hospital y por personal ajeno al depósito, realizando el pedido al área de compras. Dicha reposición del inventario, en general, se efectúa mediante el sistema de punto de reorden. Es decir, cuando la cantidad disponible de un determinado producto llega a un valor mínimo establecido, se ordena una nueva reposición del mismo. Sin embargo, los medicamentos fabricados en la institución se reabastecen a partir de la planificación de consumo y tiempos de producción. En este caso, se planifica su elaboración. No obstante, si bien ambos sistemas están destinados a evitar el faltante de productos, el almacén no utiliza indicadores que permitan visualizar y comprobar la eficacia de los mismos. Otra debilidad es que, ante la falta de periodicidad de los controles de inventario real versus el de sistema, los datos arrojados por este último en ocasiones no resultan confiables, generándose desajustes.

31.9 Calidad del inventario

En lo concerniente a la calidad del inventario, el cual registra un 4 en la Figura N° 1, el ingreso de mercadería al depósito es controlada por el personal de forma manual con su respectivo remito. Se realiza el conteo abriendo los paquetes o las cajas recibidas y constatando si los insumos que ingresan se corresponden con los solicitados. Se carece de tecnologías de captura y de transmisión de datos como código de barras. Una vez realizada la revisión y el control, se ingresan al sistema informático y actualizan las cantidades recibidas. No obstante, es usual observar diferencias entre las cantidades físicas y las de sistema, representando poca confiabilidad en los datos arrojados por sistema.

Por otra parte, para controlar el inventario disponible en las estanterías, se realizan auditorías bajo la modalidad de inventario rotativo. Es decir, el procedimiento se lleva a cabo mediante sectores, evitando así la interrupción de las demás operaciones del depósito. La periodicidad es de seis meses/un año y es realizado en conjunto con personal externo al depósito. Dicho procedimiento arroja un informe con sugerencias que permitan resolver las deficiencias encontradas. No obstante, las acciones correctivas no siempre son llevadas a cabo.

Otro punto a tener en cuenta en la calidad del inventario es el vencimiento de los insumos. Como se explicó en el apartado manejo de la operación y la información, no toda la mercadería es ingresada al sistema con fecha de vencimiento por lo que, si el personal no está alerta sobre esta situación, los productos se vencen en las estanterías con los consecuentes costos asociados.

31.10 Organización física

La dimensión organización física alcanza una valoración de 6 representada en la Figura N° 1. Sobre este aspecto, la recepción de proveedores y el despacho a centros de atención primaria y hospitales zonales se realiza durante la jornada de trabajo sin restricción horaria. En cambio, los pedidos internos solicitados por los servicios se entregan sólo un día definido en la semana.

El área del almacén es de 610 m² donde se cuenta con dos muelles utilizados para la carga y la descarga de mercancías y una puerta de acceso para el ingreso de personal de la institución y despacho de pedidos internos. En todos los casos, el ingreso al depósito es restringido, por lo que las personas ingresan con autorización una vez que se han anunciado.

Cada proceso del almacén tiene un espacio físico designado, relativo a las tareas administrativas, la recepción y almacenamiento de la mercadería y los sectores donde se despachan los pedidos. No obstante, se observa que no hay un área delimitada para la colocación de insumos vencidos o basura a la espera de su recolección.

3.2. Calculo del factor de posicionamiento

Para finalizar el análisis cuantitativo y contar con un valor que resume el estado general del almacén, se calcula el F.P. Para determinarlo se utiliza la Ecuación N° 1.

$$F. P. = \frac{1 \times (2) + 0,5 \times (3) - 1 \times (4)}{9} = -0.055$$

Ecuación N° 2: Factor de posicionamiento actual del depósito de suministro. Fuente: Elaboración propia a partir de [6].

Esta cifra representa el estado actual de madurez, con un valor negativo de 5 %, y muestra que el depósito de suministro de la institución de referencia está a mitad de camino para alcanzar un almacén de clase mundial.

4. CONCLUSIONES

La metodología de almacén de clase mundial facilita la realización del diagnóstico del estado actual del almacén de suministro de la institución pública de salud, caso de estudio del presente trabajo, y conforma una herramienta de análisis y posicionamiento, que permite reconocer dónde están las mayores debilidades, cómo y por dónde avanzar, brindando una visión de las medidas que deben adoptarse con el fin de lograr el progreso de la madurez. Como resultado de este análisis se determina que la organización de referencia está casi a mitad de camino de alcanzar las exigencias del almacén de clase mundial, con un F.P. igual a -5%.

El resultado obtenido en el F.P. refleja que los procesos logísticos recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho, están definidos básicamente pero sin medición ni control. Para avanzar en la madurez se debe trabajar sobre el control de inventario de modo de eliminar las diferencias entre las cantidades físicas y las de sistema, invertir recursos en capacitaciones y utilizar el sistema informático disponible para la generación de indicadores que permitan identificar puntos de mejoras. A su vez, en la zona de almacenamiento desarrollar criterios de ubicación para cada insumo, mejorar la distribución de las estanterías y el uso del espacio en el almacén despejando pasillos.

Por otra parte, se observa que los elementos mejores puntuados, recurso humano y programa de automejoramiento, son clave para elevar la calificación de los puntos restantes. Contar con un personal comprometido en sus actividades y dispuesto a trabajar en equipo, sumado al interés por mejorar y evaluar el cumplimiento de metas y objetivos incentiva el trabajo diario.

A futuro resulta factible aumentar el F.P. aplicando mejores prácticas logísticas sencillas en manejo de la operación y la información, almacenamiento y manipulación, calidad del inventario y organización física, gracias al uso de sistemas tecnológicos y principios de diseños en el lugar físico. En cambio, los puntos restantes resultan más complejos de modificar ya que involucran a otras áreas de la institución y no corresponden a tareas exclusivas del almacén.

En este sentido, se destaca que la metodología de almacén de clase mundial incentiva a la mejora continua de los procesos logísticos. El cálculo del F.P. actúa como elemento de motivación constante, cuantificando el avance obtenido y fomentando el trabajo para realizar el próximo diagnóstico, en búsqueda de mejores resultados.

El aporte de esta investigación toma sentido en el contexto social con el logro de ejecución de cambios, haciendo que los procesos logísticos desarrollados en el almacén se tornen más eficientes, los resultados se eleven y la madurez avance. La finalidad es resolver problemas cotidianos e inmediatos y mejorar prácticas concretas, centrándose en brindar información que guíe la toma de decisiones para programas y reformas estructurales. Así, el impacto recae directamente en el servicio de salud brindado repercutiendo de manera indirecta en la sociedad y la población que pertenece al radio de cobertura del hospital municipal de la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires. Se busca propiciar el cambio social, transformar la realidad y que las personas tomen conciencia de su papel en ese proceso de transformación.

Las investigaciones futuras deben continuar avanzando en la ejecución de las propuestas enmarcando el trabajo en una investigación – acción, donde tanto los docentes investigadores como los empleados directivos y operativos de la institución interactúan, trabajan de manera conjunta, contribuyen en la implementación de herramientas logísticas y por ende en el avance de la madurez de los procesos logísticos desarrollados en el depósito de suministros.

De este modo, se investiga al mismo tiempo que se interviene, realizando el estudio de una situación social con miras a mejorar la calidad de la acción dentro de ella.

5. REFERENCIAS

- [1] 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*, v 6, n 2, p. 167-184.
- [2] Lahti, M., Shamsuzzoha, A., Helo, P. (2009). Developing a maturity model for supply chain management. *International Journal of Logistics System and Management*, v 5, n 6, p. 654-678.
- [3] Duffy, J. (2001). Maturity models: blueprints for e-volution. *Strategy Leadership*, v 29, n 6, p. 19-26.

- [4] McCormack Y Lockamy III. (2004). The Development of a Supply Chain Management Process Maturity Model Using the Concepts of Business Process Orientation. *Supply Chain Management Journal*, v 9, n 4, p. 272-278.
- [5] Siqueira, J. (2005). O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade. In: *ABM Congress*, 60, Belo Horizonte, Brasil.
- [6] Marín Vásquez, R. (2014). *Almacén de clase mundial: “El camino a la rentabilidad en el manejo de almacenes y centros de distribución”*. Medellín, Colombia: Centro Editorial Esumer.
- [7] García, L. A. (2010). *Gestión Logística Integral. Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- [8] Yin, R. (2014). *Case study research: design and methods*. 5th ed. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publication, Inc.
- [9] Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. 5º ed., México D.F, México: McGraw-Hill.

Modelado y simulación de eventos discretos de un sistema de producción textil para evaluación del desempeño de una línea de producción

(1) Perez Colo, Ivo; (2) De Paula, Mariano;
(3) Roark, Geraldina Yesica; (4) Chiodi, Franco; (5) Urrutia, Silvia*

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, Olavarría, 7400, surrutia@fio.unicen.edu.ar
(1) ivoperezcolo@gmail.com; (2) mariano.depaula@fio.unicen.edu.ar; (3) groak@fio.unicen.edu.ar;
(4) fchiodi@fio.unicen.edu.ar; (5) surrutia@fio.unicen.edu.ar*

RESUMEN.

La optimización de la producción y reducción de desperdicios con desempeños sustentables mediante el planteo de objetivos tanto económicos, sociales y de impacto ambiental será la base fundamental en los modelos de negocios en la nueva era de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. La integración de diversas tecnologías de automatización junto con Internet Industrial de las Cosas ha abierto la posibilidad para las formulaciones de sistemas autónomos para la toma de decisiones y gestión de recursos de planta. En este sentido, estos sistemas de toma de decisiones muchas veces se apoyan en modelos de simulación del sistema productivo. La simulación de eventos discretos es una herramienta atractiva para el desarrollo de modelos de simulación computacionales que sirvan como apoyo a los sistemas de toma de decisiones. Sin embargo, la alta complejidad de los sistemas productivos actuales imponen un desafío para la tarea de modelado donde será imperioso usar otras herramientas de análisis de sistemas. En este trabajo, se propone un modelo de simulación de eventos discretos de una línea de producción de una empresa textil imprescindible para la optimización y planificación de la producción. Se desarrolla una estrategia en etapa, comenzando por el desarrollo del mapa de flujo de valor, para la reducción del tiempo de ciclo y, posteriormente se desarrolla un modelo simplificado de simulación de eventos discretos para la línea de producción textil.

Palabras Claves: Optimización, Mapas de Flujo de Valor, Simulación de Eventos Discretos, Industria Textil

ABSTRACT

The optimization of the production and the reduction of waste with sustainable performance through the establishment of economic, social and environmental impact objectives will be the fundamental basis in business models in the new era of the Industry 4.0. The integration of various automation technologies together with the Industrial Internet of Things has opened the possibility for autonomous system formulations for decision making and plant resource management in the modern factories. In this sense, these decision-making systems often rely on simulation models of the productive system. Simulation of discrete events is an attractive tool for the development of computer simulation models that serve as support for decision-making systems. However, the high complexity of current production systems imposes a challenge for the modeling task where it will be imperative to use other systems analysis tools. In this work, we propose a simulation model of discrete events of a production line of a textile company which is essential for the optimization and production planning. A stage strategy is developed, beginning with the development of the value stream map, for the reduction of the cycle time and, subsequently, a simplified model of simulation of discrete events for the textile production line is developed.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, debido a la creciente irrupción de la tecnología en los canales de comercialización así como la creciente competencia global entre las compañías para fidelizar sus clientes y captar nuevos, ha dado lugar a la posibilidad de la personalización de los productos ofrecidos que van, desde simples productos de uso cotidiano hasta los más complejos, como por ejemplo los automóviles. Por ello, es imperioso para las empresas de producción poder adaptarse no solo a las necesidades, sino también a los requerimientos de los clientes. Ya no sólo se debe satisfacer sus necesidades sino que también se deben atender de manera casi personalizada de acuerdo a sus requerimientos. Lo anterior, sin duda afecta las formas y composición de los sistemas productivos actuales. En este sentido, los sistemas de producción modernos ya no deberían ser concebidos para procesar grandes lotes de productos (economía de escala), sino que también deberán ser más sofisticados para poder adaptarse cada vez más a pequeños lotes de pedidos de producción y, muchas veces, por una única vez [1]. El caso de la industria textil, es un caso típico afectado por los constantes vaivenes de la moda que tienen cada vez ciclos más cortos, con lo cual los sistemas fabriles deberán tener cada vez más aceitadas las estrategias de reconfiguración de sus sistemas productivos para hacer frente a estas situaciones de manera óptima y sustentable [2].

En principio, para responder a cambios rápidos y fluctuaciones de la demanda y así como los constantes cambios de diseño de productos han obligado a la industria manufacturera, como lo es la industria textil, en poner énfasis en la incorporación de sistemas automatizados para mejorar la productividad. Sin embargo, esto sólo no es suficiente para atender eficazmente los requerimientos actuales. La integración de diversas tecnologías de automatización con las tecnologías de información y comunicación junto al nuevo paradigma de Internet Industrial de las Cosas han abierto una plétora de posibilidades para las formulaciones de sistemas autónomos para la toma de decisiones y gestión de recursos de planta [3]. Los modelos de simulación de los sistemas productivos son, sin dudas, herramientas indispensables para la toma de decisiones. Sin embargo, la complejidad de los sistemas productivos actuales hace del modelado de sistemas una tarea compleja y, por ello, es necesario contar con una etapa de análisis exhaustiva del sistema productivo. Los mapas de flujo de valor (que abreviaremos con el acrónimo VSM por su sigla en inglés, *Value Stream Mapping*) es una herramienta proveniente del campo de la manufactura esbelta (*lean manufacturing*) e introducida por la compañía Toyota [4,5] que puede ser usada para la comprensión, descripción, visualización y análisis de un proceso de manufactura completo previo a la fase de modelado y simulación [6].

El desarrollo de VSM en pequeñas y medianas empresas (PYMEs), incluidos diversos entornos de fabricación, no es una tarea fácil [7]. Es aún más desafiante, especialmente cuando el procesamiento del producto es más complicado y presenta flujos no lineales. Además, el análisis de VSM convencional no es una tarea trivial en los entornos de fabricación con mano de obra intensiva. Por ejemplo, en el trabajo [8] se presentó un sistema multi-agente basado en información en línea usando microcomputadoras Raspberry y placas Arduino, para la visualización de un VSM con flujos de materiales no lineales. Los VSM principalmente permiten visualizar el flujo de información y materiales a lo largo de un sistema productivo [9] e incluye todo, es decir tanto las actividades que agregan valor como aquellas sin valor agregado y proporciona una vista gráfica de los elementos del proceso por los que el cliente está dispuesto a pagar [10]. Cuando el VSM se combina con las metodologías de simulación [11,12], tiene un efecto sinérgico positivo. Por una parte, los comportamientos que no se pueden abordar mediante la vista estática, proporcionada por el mapeo del flujo de valor, pueden ser mejorados en la fase de simulación. Por otra parte, el VSM añade un valor agregado para la etapa de conceptualización y desarrollo de los modelos de simulación [13]. Entendiendo la simulación como un proceso de experimentación a través de un modelo lógico - matemático construido en un programa de computadora, a imagen y semejanza de un sistema real [14,15], los VSM aportan información depurada para el análisis y síntesis del sistema estudiado previo a la etapa de modelado computacional.

La metodología de simulación [15], involucra la construcción de un modelo matemático que representa la situación sobre la cual se deben tomar decisiones y su uso para estimar el efecto y resultado de una estrategia, lo que se conoce como análisis de sensibilidad. La ventaja de su aplicación radica en que permite imitar un proceso u operación del mundo real, como herramienta de análisis para evaluar el impacto de cambios, sin que sea necesario modificar el sistema real. Particularmente, los sistemas de producción manufacturera son un caso especial de sistemas dinámicos híbridos, conocidos como sistemas de eventos discretos [16]. En este sentido, pueden ser modelados y simulados bajo el paradigma de simulación de eventos discretos [17]. La simulación de eventos discretos es una herramienta de análisis que se difunde rápidamente en el ambiente empresarial, comprobando su utilidad para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la planeación de la producción y los inventarios, y con el diseño de los sistemas de producción y sus cadenas de suministro [18]. En síntesis, la aplicación de esta herramienta permite simular situaciones complejas de la realidad bajo análisis, permitiendo extraer información y datos

relevantes para la toma de decisiones, como estadísticas e indicadores de seguimiento, que reducen la incertidumbre y riesgos asociados a las decisiones realmente ejecutadas.

Combinando la metodología VSM con la simulación de eventos discretos es posible obtener modelos más acabados de la realidad, sobre todo para sistemas de producción complejos en los que existe la combinación de mano de obra intensiva, con sistemas automatizados y además se presentan flujos no lineales de materiales [19]. En este trabajo, se aborda la problemática de simular el proceso productivo de una planta textil para su posterior análisis y optimización.

2. METODOLOGÍA.

La metodología de trabajo propuesta consiste en dos etapas principales consecutivas para lograr obtener un modelo de simulación computacional fidedigno de la realidad observada. La primera etapa reside en el desarrollo del mapa de flujo de valor de la empresa seleccionada como caso de estudio. Dicho proceso será la base para realizar la segunda etapa del trabajo, la cual consiste en el desarrollo de un modelo simplificado de simulación de eventos discretos para efectuar un análisis integral del estado de situación del proceso de manufactura textil en estudio. Tales etapas se presentan en detalle a continuación.

2.1. Mapas de Flujo de Valor (VSM)

El VSM es un método de diagrama de flujo que se utiliza para ilustrar, analizar y mejorar los pasos necesarios para producir un bien o prestar un determinado servicio. Como elemento clave de la metodología Lean manufacturing, VSM examina el flujo del proceso y el flujo de información de un proceso, desde el punto de partida hasta la entrega al cliente. Al igual que otros tipos de diagramas, utiliza un sistema de símbolos para representar tareas y flujos de información. VSM es particularmente útil para detectar y eliminar desperdicios. Los elementos de un VSM están organizados para indicar si representan o no un valor agregado desde el punto de vista del cliente y así eliminar aquellos que no agregan valor.

2.1.1. Objetivo del VSM

El objetivo principal del método del VSM es eliminar todo tipo de desechos en cualquier proceso, no solo en la fabricación. En un VSM se detalla cada paso importante en el proceso y se determina cómo agrega valor (si lo hay) desde el punto de vista del cliente. Centrarse en el valor permite que el análisis permanezca enfocado en lo que realmente importa, en busca de un incremento de competitividad para la empresa en cuestión. El VSM puede usarse continuamente en un proceso de mejora continua para optimizar gradualmente los pasos del proceso así como también en una etapa de síntesis y análisis del sistema [20].

El VSM, como cualquier buena representación visual, es una herramienta efectiva para la comunicación, la colaboración e incluso el cambio cultural de una organización. Los responsables de la toma de decisiones pueden ver claramente el estado actual de un proceso y las fuentes de desperdicio, incluidos problemas como demoras en el proceso, tiempo de inactividad excesivo, restricciones y problemas de inventario. La construcción de los mapas de flujo de valor permite no solo conocer el sistema analizado, sino también comprender las interrelaciones entre cada uno de los actores involucrados, lo cual es de suma importancia para la subsecuente identificación de puntos de mejora, por ejemplo mediante un análisis exhaustivo en simulación por computadora.

2.1.2. Simbología del VSM

Los símbolos VSM varían según la ubicación, pero todos se dividen en las siguientes cuatro categorías: proceso, bienes, información y general. Estos símbolos pueden ser complicados, aunque algunos tienen un significado entendible al instante, por ejemplo, un ícono de camión para ilustrar envíos o gafas para indicar un artículo para revisar. Entre los símbolos de uso más común encontramos los símbolos relacionados con los materiales, los relacionados con la información y de uso general. En la Figura 1 se presentan los principales símbolos involucrados en los diagramas VSM.

Materiales	Representa	Información	Representa
Procesamiento	Proceso de producción o realización del servicio. Un proceso, máquina, departamento, u operación. El número representa la cantidad de máquinas, departamentos, etc.	←	Fijo manual de información, tales como notas o informes.
XYZ Organización	Fuentes externas. Normalmente se utiliza en el inicio del proceso para representar un proveedor y al final de un proceso para representar al cliente.	⚡	Fijo electrónico de información, como el intercambio electrónico de datos (EDI) o Internet
C/T = 45 seg C/O = 30 min 2 Ciclos 27,600 seg 2 % desperdicio	Recuadro de datos. Indica información importante necesaria sobre otro icono.	Programa semanal	Información
I	Inventario. Inventario almacenado entre dos procesos.	20	Hoja de Producción (si las líneas punteada indica el recorrido lento)
300 pcs / 1 día	Envíos externos (unidad de transporte)	▨	Retirada Hoja
Lunes & Jueves	El movimiento de material de producción por empuje (PUSH)	▽	Señal Hoja
■■■■■▶	El movimiento de materiales al siguiente paso del proceso	⊙	Señal de trabajo - P II Ball
→	Supermarket	🖨	Tarjeta Hoja
┌ ├ └	Retirada (Withdrawal)	📁	Hoja arbol por bits
⦿	La transferencia de cantidades controladas de material entre los procesos en una secuencia "Primero en entrar primeros en salir"	OX OX	Niveles de carga
max. 20 piezas — F I F O →		👁	"Go See" Programación de la producción
		Generales / Iconos	Representa
		🌟	"Tabla de trabajo de mejora"
		📏	Barro inventario de seguridad
		👤	Operador
		🕒	Horas disponibles / horario / línea de tiempo
		📅	Tiempo total

Figura 1. Simbología VSM. Versión adaptada de www.lucidchart.com.

2.1.3 Procedimiento de creación de un VSM

La creación de un VSM es un proceso sistemático, de aplicación general que debe ser realizado por etapas y que se puede aplicar para la conceptualización de diversos sistemas. Se puede usar tanto para modelar procesos de fabricación, de ingeniería de software, industria de servicios, servicios de salud u otros. A continuación se presenta una síntesis abreviada de los principales pasos que deben ser tenidos en cuenta para la creación de un mapa de flujo de valor. Para un detalle pormenorizado de las etapas, recomendamos al lector ver el trabajo [4] y las referencias allí indicadas.

1. Identificar el producto y/o familia de productos a estudiar.
2. Obtener soporte administrativo para la obtención de información relevante y pertinente.
3. Definir el proceso, identificando claramente los límites y su alcance.
4. Definir claramente las etapas del proceso, respetando los límites que se definieron en el punto anterior.
5. Estudiar las actividades y los flujos de información que generan valor.
6. Documentar cada paso significativo que se necesita para crear el valor del producto.
7. Recopilar datos de proceso a lo largo del flujo de valor (por ej. el tipo y el tamaño del stock, la duración del ciclo, el tiempo de cambio, la disponibilidad y el tiempo de inactividad del proceso o las máquinas, el número de trabajadores, el trabajo en rotación, las horas de trabajo disponibles y el tamaño de los lotes).
8. Mapear el movimiento del producto y los flujos de información.
9. Identificar inventarios permanentes y temporales.
10. Crear una línea de tiempo identificando los tiempos de proceso y los tiempos de reposición a través de las etapas del proceso.

11. Identificar ineficiencias (por ej. stock excesivo, tiempo de inactividad demasiado largo, problemas de calidad, etc.).
12. Crear el mapa de flujo de valor.

La Figura 2 muestra el gráficamente el proceso de creación de un VSM mediante una síntesis de los pasos previamente descritos. Esta metodología de análisis brinda información valiosa para la generación de los modelos conceptuales para el análisis, síntesis y desarrollo del modelo de simulación de los procesos de fabricación.



Figura 2. Metodología VSM.

2.2. Simulación de eventos discretos

Los modelos de simulación representan procesos y situaciones complejas de la realidad, en función de los eventos que puedan ocurrir, por lo que pueden representar tanto situaciones típicas de un proceso productivo (roturas de inventarios, fallas de equipos, aparición de imponderables, entre otros), como un determinado nivel de utilización de recursos relacionados con dichas situaciones. Asimismo, contempla las probabilidades de que ocurran cada uno de los eventos según se asocian con las características de cada uno de los elementos que intervienen. En su conjunto, todos estos elementos simulan la evolución natural del proceso analizado. De esta forma los modelos permiten conceptualizar sobre un proceso productivo y su gestión en términos de los eventos que puedan suceder y cuyo impacto afecta tanto a los clientes como a otros componentes del sistema (p. ej., el uso de recursos). En definitiva, la simulación de eventos discretos es una técnica que se puede utilizar para estudiar los sistemas y procesos cuyos estados van cambiando con el tiempo de forma discreta. Para llevar a cabo una simulación de un sistema particular se deben seguir una serie de etapas, ampliamente identificadas y discutidas en la literatura científica [21,22] y que a continuación resumimos:

1. Formulación de la problemática y determinación de los objetivos: consiste en establecer de forma clara, cuál es el problema que se pretende abordar, qué objetivos globales se desean alcanzar y con qué recursos será necesario contar para lograrlos en el tiempo previsto.
2. Modelado del sistema: se trata de crear el diseño del sistema que permita su simulación por computadora. El modelo debe reflejar la estructura interna del sistema y sus características, de modo que los resultados que se deriven sean extrapolables al sistema real.
3. Implementación del modelo en computadora.
4. Verificación del modelo de simulación: se debe comprobar que el programa resultante se comporta según lo deseado.
5. Validación del modelo. Consiste en comprobar que el modelo refleja convenientemente el mundo real.
6. Diseño de los experimentos de simulación.
7. Ejecución de la simulación.
8. Análisis de resultados.
9. Documentación de los experimentos.

La Figura 3 muestra la relación entre un modelo de simulación por computadora y la realidad. Como puede verse, a partir de un análisis de "realidad" se establece el modelo conceptual. Para llevar a cabo ese análisis de la "realidad", en este trabajo proponemos el uso de los VSM (explicada en la Sección 2.1). Como lo mencionamos oportunamente, el VSM va a proporcionar información depurada para los requisitos de los puntos 1 y 2 antes mencionados. Una vez desarrollado y validado el modelo conceptual, se debe transcribir dicho modelo a un lenguaje de computadora. Para ello, pueden utilizarse software de simulación específicos. En este trabajo, como indicaremos más adelante, el modelo computacional se desarrolla en el software *Flexim*. Luego de implementado y verificado el modelo computacional, se pueden realizar simulaciones primero para contrastar el modelo con la realidad y segundo para simular diferentes escenarios y

detectar situaciones de mejoras. El resultado del análisis de simulación es sin duda, una herramienta que sirve de apoyo a la toma de decisiones, ya sean para tener que ajustar algún punto del proceso o rediseñarlo parcial o totalmente.

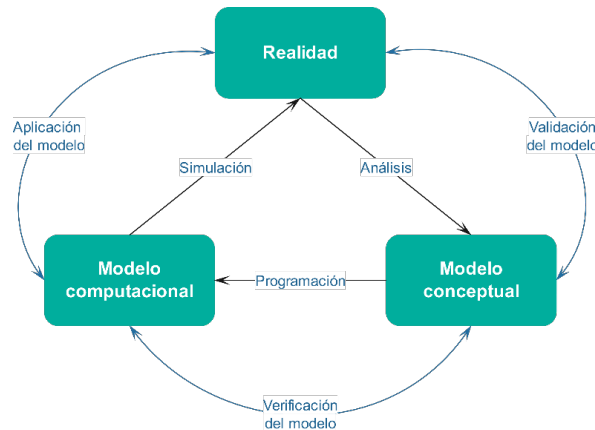


Figura 3. Técnica metodológica para la modelización y simulación de eventos¹.

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 Breve descripción de la organización

Como punto de partida es necesario presentar la organización en la que se realizará el presente trabajo. Esto permitirá definir la situación actual y los objetivos y alcance del VSM.

El caso de estudio analizado corresponde a una empresa perteneciente al sector de confección textil que fabrica prendas de vestir para primeras marcas de etiqueta como *Levi's*, *Lee*, *Legacy*, *Wrangler*, *Key Biscayne*, *Le Utthe*, *Bowen*, *Lacoste*, *Penguin*, *Timberland*, *Montagne*, *Kevingston*, entre otras. También ofrecen servicio de confección a diseñadores de indumentaria independientes que deseen mejorar su producción por medio de la industrialización.

Los productos fabricados por la empresa son prendas de vestir confeccionadas íntegramente en la planta. Hasta no hace mucho tiempo atrás, se producían camisas de hombre exclusivamente. Sin embargo, ante el mercado dinámico de la moda y el contexto económico, han tenido que expandirse a la producción de nuevas prendas requeridas por sus clientes. El proceso de producción abarca desde el corte de las telas hasta el planchado y empaque.

3.2 Proceso productivo

El ciclo de operaciones de manufactura implica una serie de tareas consecutivas con un objetivo final, siendo el estándar para el sector textil las descritas a continuación:

1. Selección de materia prima. Los insumos directos comprenden: tela, botones e hilos. Generalmente, con el fin de asegurar la calidad de los textiles, el propio cliente es quien las provee. Sin embargo, existen casos en que la organización se encarga de estos.
2. Digitalización y moldería. En correspondencia con el modelo de la prenda, se realiza el molde base, el cual es digitalizado. En esta etapa, se tienen en cuenta los diversos talles solicitados realizando las progresiones necesarias según la tabla de medidas. Los moldes realizados permiten confeccionar una prenda modelo, la cual debe ser aprobada para comenzar la producción completa.
3. Encimado. Se coloca la tela sobre la mesa de corte, superponiendo una determinada cantidad de capas según la cantidad de prendas a confeccionar y las limitaciones de corte. Se realiza de forma semiautomática desplazando un carro encimador a lo largo de la superficie.
4. Tizado y corte. Mediante uso de software se realiza el ordenamiento de los moldes (tizada) buscando la máxima eficiencia de espacio, tiempo y reducción de desperdicios. Posterior a esto, la tela encimada es transferida hacia la zona de corte. El mismo se realiza de forma robotizada en función de la tizada cargada. Por último, finalizado el corte de todas las piezas, se agrupan en pequeños lotes, generalmente por talle y tipo, para ser enviadas a la zona de preparación.
5. Preparado de partes. Esta tarea se realiza bajo el sistema por paquete. Consta en mantener, a lo largo de todo el recorrido hasta que comienzan a unirse las partes, paquetes de una determinada cantidad de las mismas piezas. La forma de mantenerlas unidas es mediante atadura.²

¹ Adaptado de Trends in Simulation and Planning of Manufacturing Companies. Branislav Bako, Pavol Božek.

² Unidad 1: Sistemas de trabajo en confección. Curso Técnicas de Indumentaria II. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires. 2006.

Link: <http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Tecnicas%20Indumentarias%20II/unidad%20n%201/lectura%20complementaria/4%20-%20produccion%20SISTEMAS%20DE%20TRABAJO%20EN%20CONFECCI%D3N.doc>

- 5.1. Preparado de partes - Etapa 1
- 5.1.1. Preparado de cuello. Este comprende tres piezas: solapa, ballenero y pie de cuello.
Fusión entretela – solapa del cuello. La entretela da soporte y rigidez a la pieza.
Cocido de cada una de las piezas y refilado del cuello y pie de cuello.
Planchado de las tres piezas.
Unión de pie de cuello, solapa y ballenero.
Corte.
Etiquetado según la marca de la prenda y talla.
- 5.1.2 Preparado de puños.
Fusión y refilado.
Cocido.
- 5.1.3 Preparado de mangas.
Unión de traba fina a cada manga.
Atraque de manga.
Unión de traba ancha.
- 5.2 Preparación de partes - Etapa 2
- 5.2.1 Preparado de espalda
Pinzado y etiquetado en canesú.
Unión de espalda y canesú.
- 5.2.2 Preparado de delanteros.
Planchado de delanteros.
Armado delanteros izquierdo y derecho.
Realización de ojales.
- 5.2.3 Unión de espalda y delanteros.
6. Ensamble de partes.
Finalizada la preparación de las partes, comienza la unión final para formar la camisa. En primer lugar se unen las mangas al cuerpo de la camisa. Se cierran ambos laterales. Se unen los dos puños a los extremos de las mangas y también el cuello.
7. Terminación.
- 7.1. Realización del ruedo inferior.
7.2. Marcado de botones.
7.3. Colocación de botones.
8. Acondicionamiento.
- 8.1. Deshebrado de la camisa. Los lotes producidos, completos, son enviados a un tercero para esta tarea. En un plazo máximo de un día ingresan nuevamente al proceso general.
8.2. Lavado.
8.3. Secado.
8.4. Planchado.
8.5. Prendido y doblado.
8.6. Etiquetado.
9. Preparación de pedido.
- 9.1. Empaquetado.
9.2. Embalaje.
10. Envío.

3.2 Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos se usó la herramienta NeoChronos. La Tabla 1 presenta el detalle de los tiempos relevados para cada tarea así como las cantidades procesadas. El lote analizado corresponde a un turno de producción de 1250 camisas de vestir, clásicas masculinas.

Tabla 1. *Estudio de tiempo del proceso de productivo.*

Tareas	Unidades procesadas	Tiempo
Digitalización y moldería	Se realiza una única vez para las 1250 camisas	Proceso: 2,5 días
Encimado	Se enciman 50 capas de tela, correspondiente a 250 camisas. Se repite 5 veces.	Setup: 8 min 5 seg Proceso: 48 min 55 seg
Tizado y corte	250 camisas. Se repite 5 veces.	Setup: 180 seg Proceso: 19 min 35 seg
Empaquetado	250 camisas. Se repite 5 veces.	Proceso: 27 min 4 seg

Tareas		Unidades procesadas	Tiempo
Preparado de cuello	Solapa	Fusión	Lote de 50 piezas. Setup: 120 seg/un (una única vez en el día) Proceso: 272,5 seg
		Refilado	Lote de 50 piezas. Setup: 319,72 seg (una única vez) Proceso: 1668 seg
		Pespunte	Lote de 50 piezas. 842,5 seg
		Dar vuelta	Lote de 50 piezas. 463 seg
		Planchado	Lote de 50 piezas. 1271 seg
	Pie	Fusión	Lote de 50 piezas. 272,5 seg
		Refilado	Lote de 50 piezas. 1668 seg
	Ballenero		Lote de 50 piezas. 2222,5 seg
	Unión solapa, pie y ballenero		Lote de 50 piezas. 3704 seg
	Etiquetado		Lote de 50 piezas. 2114 seg
	Corte		Lote de 50 piezas. 823 seg
Preparado de puños	Fusión		Lote de 50 piezas. 272,5 seg
	Refilado		Lote de 50 piezas. 1668 seg
	Ruedo		Lote de 50 piezas. 281,5 seg
	Pespunte		Lote de 50 piezas. 842,5 seg
	Dar vuelta		Lote de 50 piezas. 463 seg
Preparado de mangas	Pegado traba fina		Lote de 50 piezas. 531 seg
	Atraque		Lote de 50 piezas. 437,5 seg
	Pegado traba ancha		Lote de 50 piezas. 758 seg
Preparado de espalda y frente	Preparado de espalda	Pinzado y etiquetado canesú	Lote de 50 piezas. 4057 seg
		Unión espalda y canesú	Lote de 50 piezas. 1620 seg
	Preparado delanteros	Planchado	Lote de 50 piezas. Setup: 90 seg Proceso: 1500 seg
		Armado delanteros izquierdo y derecho	Lote de 25 piezas. 250 seg
		Realización de ojales	Lote de 50 piezas. Setup: 15 min Proceso: 1725 seg
	Unión espalda y delanteros		Lote de 50 piezas. 2000 seg
Ensamblado de partes	Unión mangas a cuerpo		Lote de 50 piezas. 1890 seg
	Cerrado lateral		Lote de 50 piezas. 2850 seg
	Unión de puños		Lote de 25 piezas. 750 seg
	Unión de cuello		Lote de 25 piezas. 375 seg
Terminación	Ruedo inferior		Lote de 50 piezas. 1500 seg
	Marcado de botones		Lote de 50 piezas. 1200 seg
	Colocación de botones		Lote de 50 piezas. 3677,5 seg

4. RESULTADOS.

El presente análisis se limita al estudio del proceso productivo que va desde la selección de la materia prima hasta la etapa previa al acondicionamiento de las prendas, es decir, hasta la colocación de los botones. En una primera etapa se busca el mapa de flujo de valor del proceso de producción de camisas.

El mapa de procesos actual se puede ver directamente en el diagrama SIPOC (*Supplier- Input-Process- Output- Customer*) relevado y mostrado en la Figura 4a mientras que la Figura 4b muestra el del proceso actual para la confección de las camisas, en el que cada uno de los puntos referenciados se corresponden con las distintas tareas involucradas. Seguidamente, se procedió a la medición de tiempos, adoptando como referencia un puesto de cada tarea y los mismos se muestran en la Tabla 1. Luego, con toda esta información se realizó el Mapa de Flujo de Valor mostrado en la Figura 5.

Es importante resaltar que se consideró un 85% de eficiencia para toda la línea, asumiendo un 15% de tiempos improductivos debido a paradas imprevistas, reemplazo de materiales utilizados en la producción, realimentación de insumos y cualquier otro retraso que pudiera surgir. Además, como se presentó en la Tabla 1, actualmente el proceso productivo avanza por cada lote de 50 unidades. Es decir, por ejemplo, si nos situamos en la tarea de *unión de mangas al cuerpo* (ensamblado de partes), el proceso no avanza hacia *cerrado lateral* hasta tanto se hayan unido 50 mangas al cuerpo. En los casos que existen dos puestos para una misma tarea, se fraccionan los paquetes, obteniendo 25 piezas en cada uno. Esto permite evitar cuellos de botella en el proceso, disponiendo mayor cantidad de operarios en las tareas que ha identificado la empresa como más lentas.

Para los procesos en que no se logró determinar un tiempo de *setup*, se consideró el utilizado para desarmar el paquete que recibían (39 segundos). Hasta el momento, fue posible, en base al relevamiento realizado y la información recolectada, analizar y estudiar el proceso modelándolo.

El modelo de simulación desarrollado en *Flexim*, utiliza la herramienta de animación para discutir y validar mejor los resultados. Las figuras 6a y 6b muestran capturas de pantalla del modelo creado para el proceso productivo relevado.

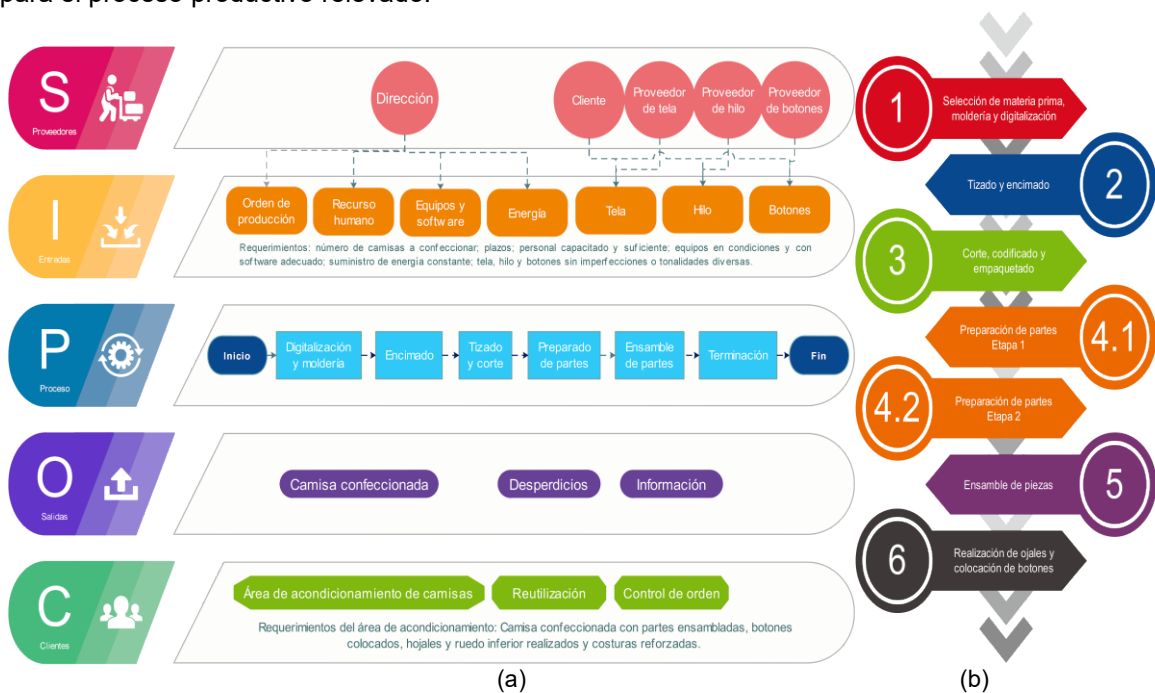


Figura 4. a) Diagrama SIPOC; b) Flujo del proceso de producción.

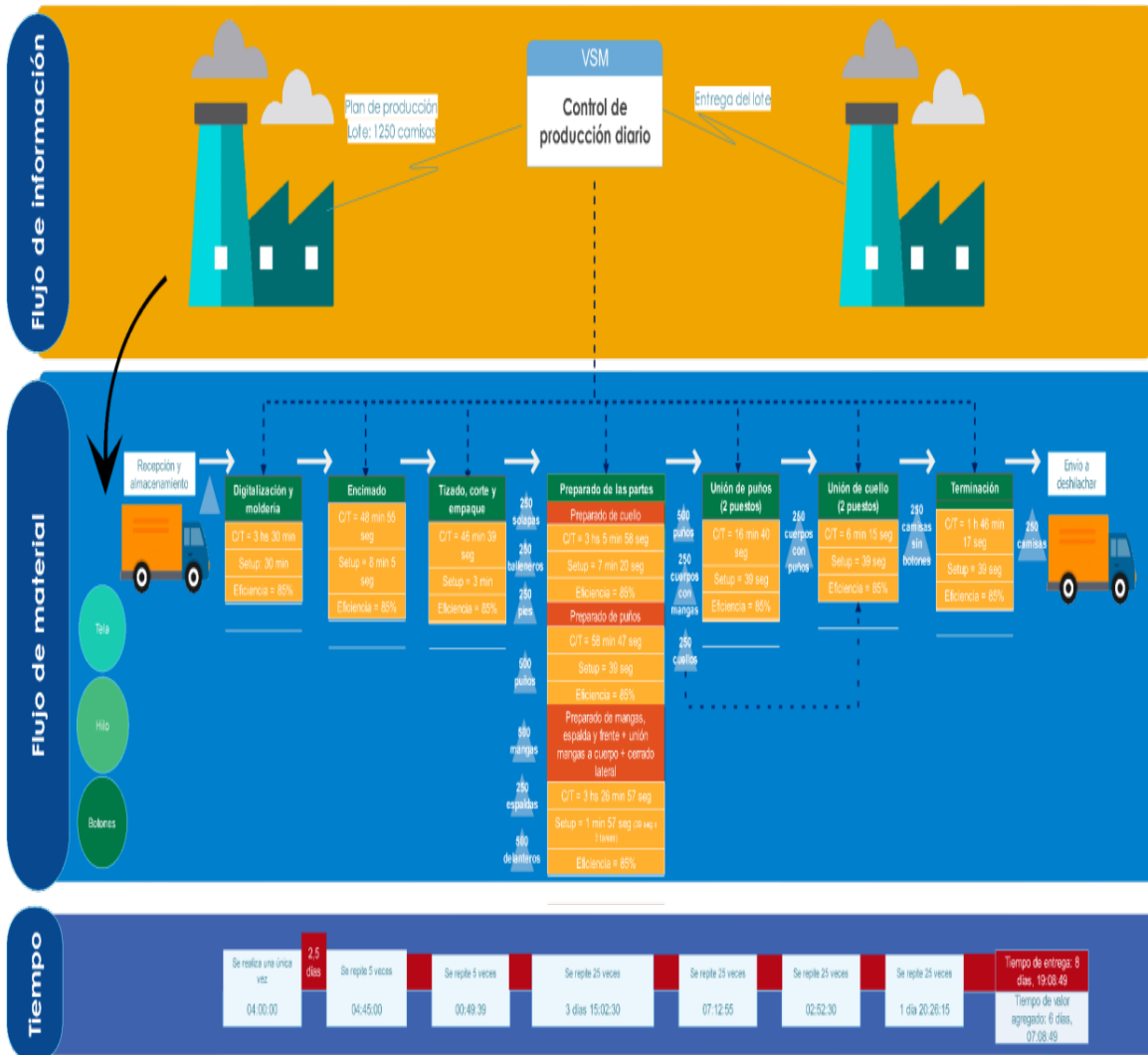


Figura 5. Mapa de flujo de valor del proceso de producción de camisas.

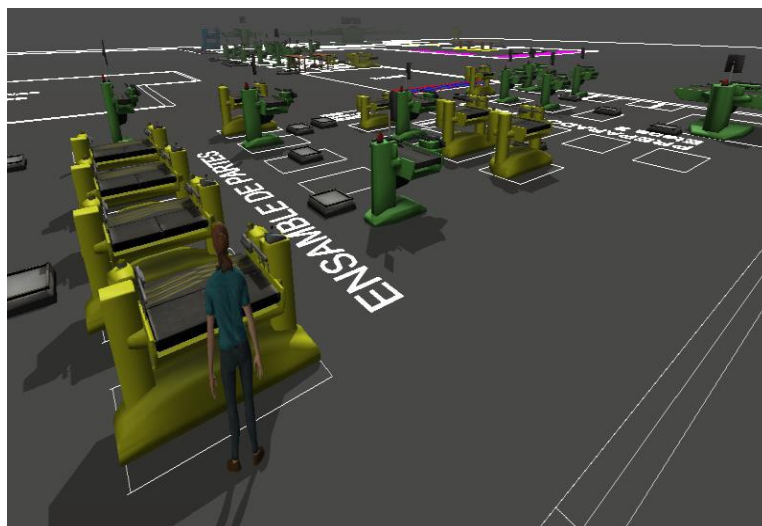


Figura 6 a). Capturas de simulación propia en Flexsim de la Zona de ensamble de partes



Figura 6 b). Capturas de simulación propia en Flexsim de la Zona de corte y preparado de partes.

5. COMENTARIOS FINALES.

En este trabajo se presentó una metodología en etapas para el análisis y optimización de un sistema de manufactura flexible. El análisis VSM permite identificar tanto problemas de producción como de gestión debido a un exceso de actividades sin valor agregado. El mapa de flujo de valor brinda información depurada para el modelado conceptual previo al desarrollo de un modelo de simulación. En este sentido, entendemos que la combinación de la metodología VSM con la simulación de eventos discretos se fusionan en una metodología de análisis de aplicación sistemática que reduce considerablemente el sesgo en el análisis para el modelado conceptual de los sistemas de manufactura. La utilización de este tipo de herramientas y metodologías novedosas, en línea con el desarrollo de la industria 4.0, ponen en el centro de discusión las enormes ventajas y posibilidades de análisis de procesos. Complementando nuevas técnicas y tecnologías con las herramientas conocidas hasta el momento se logra generar un mayor caudal de información, permitiendo reducir el riesgo en la toma de decisiones. La técnica del flujo de valor ha permitido modelizar el proceso de manufactura de camisas básicas, utilizando el modelo para generar su gemelo digital bajo simulación. A pesar de tratarse de eventos discretos, los avances actuales permiten, en mayores plazos, implementar la simulación dinámica para obtener y adecuar el proceso en tiempo real. Finalmente, el trabajo realizado plantea futuras líneas de mejora y optimización del proceso analizado, identificando cuellos de botella, desperdicios, tiempos improductivos, mejoras en el *layout*, aumento del rendimiento, entre otras.

6. REFERENCIAS.

- [1] B. Schallock, C. Rybski, R. Jochem, H. Kohl, Learning Factory for Industry 4.0 to provide future skills beyond technical training, *Procedia Manuf.* 23 (2018) 27–32. doi:10.1016/j.promfg.2018.03.156.
- [2] F. Baena, A. Guarín, J. Mora, J. Sauza, S. Retat, Learning Factory: The Path to Industry 4.0, *Procedia Manuf.* 9 (2017) 73–80. doi:10.1016/J.PROMFG.2017.04.022.
- [3] I. Mahdavi, B. Shirazi, M. Solimanpur, Development of a simulation-based decision support system for controlling stochastic flexible job shop manufacturing systems, *Simul. Model. Pract. Theory.* 18 (2010) 768–786. doi:10.1016/j.simpat.2010.01.015.
- [4] K. Martin, M. Osterling, Value stream mapping: how to visualize work and align leadership for organizational transformation, n.d.
- [5] T. Ōno, *Toyota production system: beyond large-scale production*, Productivity Press, 1988.
- [6] B. Singh, S.K. Garg, S.K. Sharma, Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 53 (2011) 799–809. doi:10.1007/s00170-010-2860-7.
- [7] A.M. Paredes-Rodríguez, Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio, *ENTRAMADO.* 13 (2017) 262–277. doi:10.18041/entramado.2017v13n1.25103.
- [8] Z. Huang, J. Kim, A. Sadri, S. Dowey, M.S. Dargusch, Industry 4.0: Development of a multi-agent system for dynamic value stream mapping in SMEs, *J. Manuf. Syst.* 52 (2019) 1–12. doi:10.1016/J.JMSY.2019.05.001.
- [9] D.T. Jones, J.P. Womack, Seeing the whole: mapping the extended value stream, *Lean*

- Enterprise Inst, 2000.
- [10] D. Tapping, T. Shuker, Value stream management for the lean office : 8 steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas, Productivity Press, 2003.
 - [11] T. McDonald, E.M. Van Aken, A.F. Rentes, Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application, *Int. J. Logist. Res. Appl.* 5 (2002) 213–232. doi:10.1080/13675560210148696.
 - [12] D. Antonelli, D. Stadnicka, Combining factory simulation with value stream mapping: a critical discussion, *Procedia CIRP.* 67 (2018) 30–35. doi:10.1016/J.PROCIR.2017.12.171.
 - [13] D. Stadnicka, P. Litwin, VSM based system dynamics analysis to determine manufacturing processes performance indicators, *DEStech Trans. Eng. Technol. Res.* (2018) 290–295.
 - [14] H.A. Taha, *Investigación de operaciones*, Pearson Educación, 2004.
 - [15] J. Sterman, *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*, McGraw-Hill, New York, 2000.
 - [16] C.G. Cassandras, S. Lafortune, *Introduction to discrete event systems*, Springer Science+Business Media, 2008..
 - [17] N. Furian, M. O’Sullivan, C. Walker, S. Vössner, D. Neubacher, A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures, *Simul. Model. Pract. Theory.* 56 (2015) 82–96. doi:10.1016/J.SIMPAT.2015.04.004.
 - [18] D. Mourtzis, M. Doukas, D. Bernidaki, Simulation in Manufacturing: Review and Challenges, *Procedia CIRP.* 25 (2014) 213–229. doi:10.1016/J.PROCIR.2014.10.032.
 - [19] D. Antonelli, P. Litwin, D. Stadnicka, Multiple System Dynamics and Discrete Event Simulation for manufacturing system performance evaluation, *Procedia CIRP.* 78 (2018) 178–183. doi:10.1016/j.procir.2018.08.312.
 - [20] J.W. Forrester, *Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers*, *Harv. Bus. Rev.* 36 (1958) 37–66. doi:10.1225/58404.
 - [21] B. Bako, P. Božek, Trends in Simulation and Planning of Manufacturing Companies, *Procedia Eng.* 149 (2016) 571–575. doi:10.1016/J.PROENG.2016.06.707.
 - [22] C.A. Chung, *Simulation modeling handbook : a practical approach*, CRC Press, 2004.

Simulación de un proceso de logística de salidas con aplicaciones en la nube computacional e internet de las cosas

¹Romero Palacios, Matías Nicolás*; ¹Chezzi, Carlos María; ¹Tisocco, Fabián Gustavo; ²Tymoschuk, Ana Rosa.

*¹Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.
Grupo de Modelado Simulación y Control (GIMOSIC).
Salta 277, E3200 EKE, Concordia, Entre Ríos.*

matiasromero0811@gmail.com
carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar
fabiangtisocco@yahoo.com.ar

*²Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Departamento Sistemas de Información.*

Lavaise 610, S3004EWB Santa Fe.

anrotym@gmail.com

RESUMEN

Uno de los problemas principales en la Pyme es la inversión en tecnología para la transformación a una nueva estrategia de negocios y particularmente la logística en la entrega del producto. Por ello, el objetivo es presentar una estrategia de simulación para un modelo de logística de salidas con el fin de obtener una solución basada en tecnologías Industria 4.0. En cuanto a la logística y distribución se cuenta con tecnologías innovadoras, de las cuales se destacan Internet de las cosas y su complementación con la nube computacional. A través de la Internet de las cosas se dispone de recursos como medio de comunicación en tiempo real que posibilitan el seguimiento individualizado del producto y con la nube computacional se disponen de servicios que permiten la implementación de plataformas informáticas como soporte de las aplicaciones sin necesidad de una inversión inicial. Lo antes dicho implica una decisión de implementación de cambios para una nueva filosofía de trabajo. Como resultado del trabajo se obtiene un marco conceptual que muestre los recursos e introduzca al desarrollo de soluciones utilizando las mencionadas tecnologías. Se aplica en un modelo de gestión Pull procurando optimizar los costos estructurales relacionados con el almacenamiento de inventarios y aumentando la eficiencia de distribución y entrega del producto. Por otro lado, se puede implementar como estrategia de negocios un modelo low cost para reducir los costos de transporte para la Pyme, lo que permite mejorar el servicio, el beneficio y el tiempo de respuesta al cliente.

Palabras Claves: Industria 4.0, Comercio Electrónico, Logística, Internet de las cosas, Nube Computacional.

ABSTRACT

One of the main problems in the SME is the investment in technology for the transformation to a new business strategy and particularly the logistics in the delivery of the product. Therefore, the objective is to present a simulation evaluation strategy of an outbound logistics process model in order to obtain a solution based on Industry 4.0 technologies. In terms of logistics and distribution, innovative technologies are available, of which the Internet of things and its complementation with the computational cloud stand out. Through the Internet of things, resources are available as a means of real-time communication that allow individualized monitoring of the product and with the cloud computing there are services available that allow the implementation of computer platforms to support applications without the need for an initial investment. The aforementioned implies a decision of implementation of changes for a new work philosophy. As a result of the work, a conceptual framework is obtained that shows the resources and introduces the development of solutions using the mentioned technologies. It is applied in a pull management model trying to optimize the structural costs related to inventory storage and increasing the efficiency of distribution and delivery of the product. On the other hand, a low cost model can be implemented as a business strategy to reduce transportation costs for the SME, which improves service, profit and customer response time.

1. INTRODUCCIÓN.

La informatización de los procesos industriales ha traído la necesidad de repensar los modelos de negocios existentes. Dichos modelos se ven afectados por la innovación necesaria a través de la incorporación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) al proceso industrial y por la reconfiguración de la creación de valor. Esta fusión entre fabricación y TIC es lo que identificamos como Industria 4.0 [1].

Se puede decir que la Industria 4.0 provee las tecnologías necesarias para organizar los procesos de producción, de modo que se interconecten mediante sensores, máquinas y sistemas informáticos a lo largo de la cadena de valor, para comunicar el mundo físico con el virtual y obtener inteligencia del mismo [2].

Este nuevo enfoque exige a la industria un paradigma de modelado con capacidad de innovación, autonomía, dinamismo, personalización y flexibilidad. Existen paradigmas que se basan en TIC, tales como: Business Process Reengineering (BPR) [3], Customer Relationship Management (CRM) [4] y Enterprise Resource Planning (ERP) [5], que se centran en los procesos y son estáticos respecto a los cambios en el ámbito de negocios.

El Modelado de Procesos de Negocios (BPM por su sigla del inglés Business Process Management) es un paradigma que se utiliza para lograr modelos dinámicos que aseguren rápidos cambios frente a nuevas estrategias de negocios o innovación en tecnologías [6, 7]. Bonita [8] es una plataforma de libre licencia para la automatización de un modelo de proceso de negocios que contempla el modelado, la simulación y el diseño de un sistema informático integrado.

El desafío es abordar la construcción de soluciones con tecnologías Industria 4.0, sobre la base del paradigma BPM, de modo que todo el proceso esté orientado a lograr una meta de negocios y con un diseño flexible de la estructura organizacional y sus recursos. Para demostrar el uso de dicho paradigma se considera un caso de estudio de la logística de entrega para una empresa regional dedicada al transporte.

Por ello, el objetivo de este trabajo es presentar una estrategia de evaluación por simulación de un modelo de proceso de negocios de la logística de salidas con el fin de obtener una solución basada en tecnologías Industria 4.0 y un marco conceptual de métricas para la evaluación del modelo diseñado. De las diferentes tecnologías de Industria 4.0, se consideran Internet de las cosas (IoT por su sigla del inglés, Internet of Things) y computación en la nube.

2. INDUSTRIA 4.0 Y SUS TECNOLOGÍAS.

2.1. Concepto de Industria 4.0.

El concepto de Industria 4.0 nace en Alemania en el año 2011 y se refiere a la digitalización de la industria, pudiendo conocerse en el mundo con términos como; fabricación inteligente, internet industrial, fabricación avanzada, industria integrada e industria inteligente [9].

A partir de la exploración bibliográfica se presentan los siguientes conceptos de Industria 4.0:

- “La convergencia de tecnologías como Manufactura Integrada por Computadora (CIM), Smart Manufacturing, Big Data, Robótica Colaborativa, Web 2.0, entre otras; que permitirá que la producción industrial se caracterice por una fabricación flexible, con una fuerte individualización de los productos y una gran integración entre clientes y socios de negocios” [9].
- Es un concepto que consiste en la integración horizontal y vertical en la cadena de valor. En el nivel horizontal se vincula en tiempo real la información y las redes de comunicaciones, con los recursos de producción y servicios. Mientras que, en el vertical, consiste en la conversión de los sistemas clásicos en nuevos controlados vía Web [10].
- Es la capacidad de fusión entre las TIC y la producción, a través de la conexión de información, personas y objetos, que se logra por la posibilidad de conectar el mundo físico con el virtual a través de sistemas ciberfísicos. Esto permite desarrollar un ámbito inteligente [1]. Cuando se habla de sistemas ciberfísicos se refiere a aquellos en los cuales se adiciona capacidades de computación y comunicaciones a sus componentes físicos del ámbito de trabajo, para convertirlos en inteligentes y autónomos.
- “Se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación, con el apoyo de las tecnologías de la información” [11].
- “Industria 4.0 apunta a tener una visión más global, en donde la unidad sea la empresa en su conjunto. Conduce inevitablemente a relacionar los procesos de manufactura, con los de venta, marketing e inversión; pues el objetivo es acumular información sobre cada una de las áreas en un mismo lugar y analizarla relacionándola entre sí. Esto permite un mayor control de la empresa y conduce a eficientizar todos los procesos” [12].

2.2. Tecnologías de la Industria 4.0.

En cuanto a las tecnologías [9] que forman parte de Industria 4.0, se destacan:

- **Big Data y analítica:** comprende el análisis, administración y manipulación inteligente de una gran cantidad de datos a través de modelos de descripción, predicción y optimización para una mejor y más eficiente toma de decisiones. Ejemplo: (i) a través del análisis del comportamiento de los clientes en los sitios de comercio electrónico realizar una segmentación de clientes, (ii) optimización de procesos a través del conocimiento anticipado por el análisis realizado de modelos de comportamiento de los clientes y mercados.
- **Integración horizontal y vertical de sistemas de información:** se busca establecer redes de comunicación horizontal y vertical, como por ejemplo: (i) entre proveedor, fabricante y cliente y (ii) internamente entre las secciones.
- **Internet de las cosas:** conexión de cualquier dispositivo a distancia para la comunicación de datos entre ellos o a uno central con el fin de captarlos en la fuente y tomar decisiones en tiempo real.
- **Simulación:** técnica que busca reproducir el mundo físico a través un modelo virtual. Se plantean escenarios, se experimenta sobre el modelo virtual y se analizan las salidas. De este modo se cuenta con un recurso de predicción que analiza “que pasaría si”, previo a la ejecución.
- **Robótica:** Aporte de robots autónomos, flexibles y cooperativos, logrados por los avances de la inteligencia artificial y la utilización de sensores.
- **Ciberseguridad:** la conectividad está sujeta a vulnerabilidades, por ello se necesita proteger los sistemas, la propiedad intelectual, los datos personales y la privacidad de posibles intromisiones.
- **Computación en la nube:** plataforma de recursos computacionales integrada por servidores, almacenamiento y aplicaciones, que son puestos a disposición para ser utilizados a medida que se requieren y cuyo acceso es posible desde cualquier dispositivo móvil o fijo con acceso a Internet y cuyo costo está asociado al tiempo de uso.
- **Fabricación aditiva o fabricación 3D:** consiste en la fabricación de un cuerpo sólido a partir de la integración de finas capas sucesivas de un material, hasta conformar la figura con forma buscada. Se utiliza en casos como: prototipos o producción de productos personalizados.
- **Realidad aumentada:** tecnologías que incorporan información virtual a la información física, de modo que el usuario observe una situación real a través de un dispositivo tecnológico con el agregado de información gráfica. De esta manera los elementos físicos se combinan con virtuales creando una realidad aumentada en tiempo real. Por ejemplo, un operario equipado con lentes de realidad aumentada puede recibir instrucciones de reparación de una máquina en particular de un grupo.
- **Plataformas sociales:** uso de las capacidades de comunicación en las redes sociales, para una interacción dinámica, compartir conocimientos, favorecer la colaboración y la innovación, y recabar información sobre los clientes.

La Industria 4.0 es un concepto que consiste en un nuevo modelo de negocio basado en la integración total, por medio de las tecnologías de la información y las comunicaciones, con el fin de agregar inteligencia a la gestión y a los procesos de fabricación.

2.3. El modelo de negocio en la nube computacional.

El modelo de negocios en la nube se basa en el concepto de servicios cuyas licencias de uso no están sujetas a una persona o recurso y su fundamento es reemplazar los desembolsos de capital por la inversión en tecnología, por el pago de un servicio de acuerdo a lo utilizado.

Respecto a los costos, los proveedores de servicio de nubes como Amazon, Google, Microsoft, entre otros, ofrecen un esquema de tarifas en función del uso de los recursos. Por ejemplo, lo más común es el cobro de minuto, hora, ciclo de CPU, lecturas o escrituras por demanda [13-15]. Cada proveedor dispone aplicaciones en la Web que permiten estimar los costos de los recursos contratados.

Un aspecto importante de las nubes son los acuerdos de niveles de servicio para asegurar que el proveedor cumpla con la calidad requerida. Es importante destacar que en el largo plazo el pago de una suscripción a los servicios puede ser más costoso que comprar el hardware, por lo que deben ajustarse las estrategias de negocios cuidadosamente.

La nube computacional se clasifica en pública cuando se contrata el servicio o privada cuando se la implementa con equipamiento propio.

2.3.1. Tipos de servicios.

Existen tres tipos de servicios:

- (i) **Software como servicio** (su sigla en inglés SaaS: Software as a Service), donde se contrata la utilización de aplicaciones que se ejecutan en la infraestructura de la nube computacional, ofrecidas por el proveedor.
- (ii) **Plataforma como servicio** (su sigla en inglés PaaS: Platform as a Service), en la que se provee los recursos informáticos para desarrollar aplicaciones en la infraestructura de la nube computacional, tales como lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas.
- (iii) **Infraestructura como servicio** (su sigla en inglés IaaS: Infrastructure as a Service), que proporciona la capacidad de procesamiento, almacenamiento y redes para implementar y ejecutar un *software* determinado, ya sean el sistema operativo y las aplicaciones [16].

2.3.2. Costos en la nube pública.

Los servicios ofrecidos por nube pública se basan en los siguientes modelos de costos:

- **Pago por lo que se usa:** se paga por lo que se usa por hora, con costos variables de acuerdo a los recursos demandados. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.
- **Pagar menos cuando se reserva:** se puede invertir en capacidad reservada para ciertos productos y obtener una tarifa por hora con un descuento significativo.
- **Pagar menos por unidad al utilizar más:** se produce un ahorro a medida que se predice un crecimiento de la demanda. Pago por lo que se usa: se paga por lo que se usa por hora, con costos variables de acuerdo a los recursos demandados. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.
- **Pagar menos cuando reserva:** se puede invertir en capacidad reservada para ciertos productos y obtener una tarifa por hora con un descuento significativo.

Se considera a EC2 de Amazon un estándar de facto, en el cual se contrata servicios por instancias, considerando una instancia a una máquina virtual en la nube con capacidades de procesamiento y memoria RAM. Su modelo de costos [17], consiste en pagar por el tiempo que se utilizan las máquinas virtuales, teniendo en cuenta las siguientes modalidades:

- **Instancias bajo demanda:** se paga por la infraestructura demandada por hora. No requiere planificación, ni contratos a largo plazo.
- **Instancias reservadas:** se realiza una reserva con el pago reducido único para cada instancia contratada, con el fin de lograr un considerable descuento.
- **Instancias spot:** se calcula un precio spot que cambia según la oferta y la demanda periódicamente. Los clientes cuyas ofertas lo igualen o lo superan obtienen acceso a las instancias disponibles.

2.4. El modelo de Internet de las Cosas.

El modelo IoT consiste en una infraestructura que permite la combinación de objetos inteligentes, tales como, sensores inalámbricos, robots móviles, sistemas de radio frecuencia, entre otros, para diseñar una red inteligente, utilizando diferentes protocolos de comunicación interoperables. En esta infraestructura, las diferentes entidades se descubren, se exploran mutuamente y aprenden a aprovechar los datos de cada una agrupando recursos para tomar decisiones inteligentes en tiempo real [18].

Es decir, es una red que según protocolos establecidos conecta cualquier objeto con Internet con el fin de intercambiar información y comunicación y lograr una identificación inteligente de red, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración mediante tecnologías tales como: (i) Identificación por radiofrecuencia (RFID), (ii) Sensores infrarrojos, (iii) GPS (Global Positioning System) y (iv) Dispositivo de escaneo láser, entre otros.

3. LOGÍSTICA.

El caso a presentar se fundamenta en un modelo de logística, por ello para su mayor precisión esta se conceptualiza como la parte del proceso de la cadena de suministro que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes [19]. Para comprender el proceso de logística y modelarlo se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Características de los bienes y servicios transportados:** se debe considerar que si se transportan productos cuya relación entre el peso y el volumen es alta, por ejemplo, los materiales de la industria del acero, ladrillos y cemento, se hace una mejor utilización de los espacios en los equipos de transporte y en los almacenes. Por otro lado, los productos perecederos, como las frutas y las verduras, los productos inflamables y explosivos por lo general requieren de un manejo y transporte específico, almacenamiento y transporte refrigerado, áreas de almacenamiento restringidas o con sistemas de seguridad elevados. La gran mayoría de los productos requiere de un embalaje protector que le permite facilitar

su almacenamiento y manejo, favoreciendo el uso de los equipos de transporte y reduciendo reclamaciones por daños y rupturas durante la distribución.

- **Características de los pedidos y del sistema logístico:** es común que, ante situaciones de pedidos pendientes, se opte por diferenciar algún cliente respecto de otro; esto conlleva que el servicio de distribución presente altas variaciones en relación con el tiempo estándar o el tiempo esperado por el cliente. A su vez, los clientes tampoco desean esperar más tiempo por su pedido si este resulta dañado o equivocado. La operación del sistema logístico se puede ver afectado por paros laborales, accidentes de tránsito, incendios, inundaciones y otros eventos inesperados. Para cumplir con el nivel de servicio establecido por la empresa y realizar entregas a tiempo, sin daños y pérdidas, es necesario establecer planes de acción apropiados ante estas situaciones extraordinarias.

La logística en relación con la incorporación de la Industria 4.0 es un medio para lograr la innovación, proponer nuevos modelos de negocios, agregar inteligencia al proceso, tener información para comunicarse y anticiparse a las necesidades del cliente.

3.1. Estrategia de modelado y simulación de los procesos de logística.

Para construir el modelo de proceso de negocios se plantean las siguientes etapas:

1. Descripción de la empresa, de la situación y el problema a estudiar.
2. Planteo de las estrategias de negocios o las ventajas competitivas de base para el diseño del modelo de logística.
3. Establecer las tareas y sus relaciones para configurar los procesos de acuerdo con las metas establecidas.
4. Construir el modelo de procesos de negocios e implementarlo en una herramienta informática de BPM.
5. Parametrizar la simulación: (i) las tareas tienen asociado un tiempo de servicio promedio demandado por el recurso que las ejecuta, (ii) las entradas, que son el número de clientes que solicitan la prestación del servicio (casos) y (iii) el tiempo entre arribos de clientes al servicio.
6. Plantear métricas de desempeño. En general, se obtienen el número de clientes que arriban, el tiempo de simulación y los recursos consumidos. En la Sección 4 se propone un Conjunto de Métricas que profundiza las métricas planteadas.
7. Proponer escenarios de simulación, obtener las salidas y realizar el análisis “que pasaría si”.

4. MARCO DE NEGOCIOS PARA TECNOLOGÍAS EN LA NUBE COMPUTACIONAL E INTERNET DE LAS COSAS.

El Conjunto de Métricas propone una visión general de las principales variables a abordar ante la selección de una alternativa de solución utilizando la nube computacional e IoT. Entre los requerimientos se consideran: (i) la nube computacional pública para el nivel PaaS, (ii) nube computacional privada en comparación con la pública, (iii) requerimientos de IoT, (iv) el desarrollo propio del sistema de información para la gestión de la logística y (v) recursos humanos comunes a todas las tecnologías utilizadas.

Es importante destacar que se puede comparar la alternativa de selección de la nube privada (pagar por el servicio utilizado), con la pública (adquirir la tecnología propia para implementar la nube computacional). Por cada requerimiento se plantean atributos medir que se cuantifican con la métrica (ver Tabla 1).

5. CASO DE ESTUDIO.

El caso de estudio se base en una pyme dedicada exclusivamente a la logística y distribución de cargas por vía terrestre que brinda un servicio de envíos de cargas totales o parciales de todo tipo y volumen. Realizan traslados de mudanzas, correspondencias, maquinarias, encomiendas, cereales, maderas, cítricos, entre otros, desde o hacia sus depósitos ubicados en Buenos Aires y Rosario abarcando las regiones noreste de Entre Ríos y sudeste de Corrientes.

5.1 Descripción de la empresa.

La empresa cuenta con catorce choferes y cuatro acompañantes que son los encargados de las actividades de carga, traslado y descarga. No existe una asignación de personal a cada localidad de destino. Cada equipo de transporte, que cuenta con rastreo satelital, tiene su propio chofer; la asignación de acompañante es dependiente del destino y del tipo de carga trasladada. Las encomiendas paletizadas son cargadas en camiones medianos; las cajas y paquetes pequeños son trasladados en camionetas de menor porte.

Tabla 1 Conjunto de Métricas.

Requerimiento	Atributos	Métrica
Nube Computacional Pública (PaaS)	Ciclo de Facturación de la instancia contratada (máquina virtual)	Instancias bajo demanda (costo variable): se paga por la infraestructura demandada por hora. No requiere planificación, ni contratos a largo plazo.
	Acuerdos de Niveles de Servicio	Calidad del servicio: medir si el nivel de servicio es el establecido en el acuerdo.
	Conexión a internet	Abono del servicio contratado según tipo de conexión (costo fijo).
Nube Privada	Tecnología Informática	Amortización del Servidor (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación del equipamiento (costos variables).
	Software de Sistema Operativo (SO), antivirus y seguridad	Costos de licencias del SO, antivirus y de seguridad (costo fijo)
	Operador informático.	Costo de implementación de la infraestructura (costo fijo).
	Energía Eléctrica	Consumo de energía del servidor y del aire acondicionado para refrigeración (costo semivariable).
	Operador informático: mantenimiento y actualización del sistema.	Sueldo mensual + Cargas Sociales (costo fijo).
	Conexión a internet	Abono del servicio contratado por tipo de conexión (costo fijo). Hosting del sitio Web (costo fijo).
IoT	Etiquetas EPC (Código electrónico de producto).	Costos Variables por tipo de etiquetas (con alimentación propia, con mayor autonomía, etc.).
	Identificación inteligente del producto, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración	Amortización del Equipo de radiofrecuencia (RFID), sensores infrarrojos, GPS y dispositivo de escaneo láser (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación de equipo (costos variables).
	Identificación inteligente del transporte, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración	Amortización del Equipo de GPS, GIS y plataforma de videovigilancia (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación de equipo (costos variables).
	Operador del sistema de monitoreo	Sueldos y Cargas Sociales del operador (costo fijo)
Sistema de Información para la gestión de la logística	Sistema de Gestión de Logística	Honorarios por desarrollo del Sistema (costo fijo)
	Operador informático: Configuración, instalación del sistema, arranque y mantenimiento	Sueldo mensual del Operador + Cargas Sociales (costo fijo)
Recursos Humanos	Distribución, financiación y administración general	Sueldos Mensuales y Cargas Sociales (costos fijos y hundidos por considerarlos comunes a todas las alternativas analizadas). Costos directos e indirectos

No se cuenta con un patrón de procesos de recolección y almacenamiento de pedidos, estas acciones son adaptaciones que no siguen ningún protocolo de estandarización. No se posee un registro de tiempos computados, debido a que la Pyme no cuenta con un modelo de control de estos. En algunos casos, la distribución regional puede durar apenas unos minutos, mientras que la finalización del servicio en otros casos puede extenderse durante días si se trata de cargas a

granel, frutas cítricas y maderas. Estas cargas también se ven afectadas por condiciones climáticas desfavorables como lluvias y heladas.

Otros problemas particulares que se presentan están relacionados con extravíos, faltantes o roturas de mercaderías durante la distribución. También se puede dar que los remitos y los paquetes no tengan una relación de coincidencia generando demoras en las entregas ya que debe existir un proceso de recuperación de tales encomiendas.

5.2. Estrategia de negocio.

- Aplicando un modelo de gestión Pull se busca optimizar los costos estructurales relacionados con el almacenamiento de inventarios, aumentando también la eficiencia de la distribución y la entrega a tiempo del producto.
- Agregar inteligencia con IoT al conocer la trazabilidad de cada producto y con la nube computacional que registra las transacciones de modo que a través de herramientas analíticas se cuente con información para optimizar los procesos.

5.3 Proceso de logística.

El proceso de Logística 4.0 propuesto comienza cuando un cliente solicita una prestación de servicio de transporte y distribución de cargas. El modelo inteligente de logística puede anticipar la necesidad de la demanda aprovechando la información de clientes que utilizan el servicio de distribución con frecuencia. La solicitud de servicio se puede producir en diferentes modalidades:

1. Por correo electrónico.
2. Telefónicamente.
3. De manera presencial en la empresa.
4. Utilizando la página web de la compañía.

El encargado de recibir y evaluar la solicitud de servicio puede utilizar los datos de la nube computacional para gestionar tiempos de respuestas más cortos ante la petición del servicio. La negación del servicio se puede dar si:

1. El peso o volumen de la carga supera la capacidad de los equipos de transporte.
2. La carga requiere un almacenamiento y traslado especial y la empresa no está adaptada a estos tipos de pedidos.
3. La carga no posee un embalaje adecuado para su almacenamiento y traslado.
4. No se puede cumplir con el tiempo de envío solicitado por el cliente.
5. No se puede cumplir con el nivel de seguridad exigido por el cliente.

En tales casos, el cliente es notificado acerca de la cancelación de la solicitud y puede realizar una nueva solicitud si modifica el o los parámetros que llevaron a la negación del servicio. Si se acepta la solicitud de prestación de servicio, el cliente puede llevar la carga a centro de distribución personalmente o requerir que el paquete sea retirado en domicilio. El gerente realiza las tareas de recepción de remitos, o de confección de estos en caso de que el cliente no los posea.

El encargado del depósito gestiona las tareas de etiquetado de productos con tecnología EPC, de embalaje, control de carga y posterior despacho. Al utilizar las etiquetas de código de producto en los paquetes, cajas y pallets, y gracias a los lectores con tecnología RFID, se puede realizar un control de detección de defectos, estado del producto, maduración del producto, temperatura de carga, tiempo y ubicación de los paquetes, destino, peso, dimensiones, etc. Al realizar el seguimiento de los paquetes en tiempo real, se puede detectar si estos fueron cargados por error en un equipo de transporte con otro destino, lo que elimina la falla de envíos erróneos y los extravíos de paquetes. Además, se pueden percibir daños, rupturas o un mal estado de la carga producidos por un mal embalaje o durante la carga de los paquetes al equipo de transporte, lo que también reduce los tiempos y costos en la gestión de cambios y devoluciones.

Al iniciar la tarea de transporte desde el centro de distribución hacia el destino, el uso de los sensores permite detectar problemas relacionados con un aumento de temperatura y de humedad si se tratan de productos perecederos o inflamables y solucionar estos desvíos antes de que la carga llegue a destino. La tecnología GPS y GIS permite conocer las rutas y caminos más eficientes en tiempo real y evitar las circunstancias que lleven a demoras como los accidentes de tránsitos, huelgas y cortes de rutas, zonas peligrosas o afectadas por catástrofes naturales, etc.

Por otro lado, en el modelo de logística inteligente, se puede reducir el número de entregas fallidas ante la ausencia de los receptores en el destino o si estos modifican las preferencias relacionadas con el lugar, la fecha y la hora de entrega. Además, los clientes también pueden realizar el seguimiento de las mercaderías desde que el paquete se encuentra en el centro de distribución hasta el momento en que el receptor final es visitado por la empresa de logística, lo que mejora la calidad del servicio de distribución, reduce los costos de transporte y almacenaje en los centros de distribución y de depósito y afianza la confianza del cliente con la compañía.

5.4. Herramienta BPM de modelización Bonita.

Bonita es una plataforma código abierto de aplicaciones de flujo de trabajo y gestión de procesos. En su versión Bonita Studio, permite al usuario modificar gráficamente los procesos de negocio siguiendo el estándar BPMN (Business Process Model and Notation). BPMN no es un lenguaje de programación; está diseñado para ser "consumido" por los motores de proceso y convertirse en procesos ejecutables. La organización del BPMN básico utiliza pools y lanes que funcionan como el contenedor para el flujo del proceso.

- Pool: contiene un solo proceso completo. El flujo de trabajo no puede abandonar un grupo: necesitamos transferir acciones o datos de un grupo o proceso a otro utilizando colaboraciones.
- Lane: se utiliza para ayudar a organizar el proceso en función de quién y qué hace (actores). El flujo de trabajo cruza los límites de los lanes como si no existieran, procurando mayor claridad organizacional.

El flujo de trabajo incluye actividades, compuertas, eventos y el flujo de secuencia que los conecta [20]. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de diagrama de proceso.

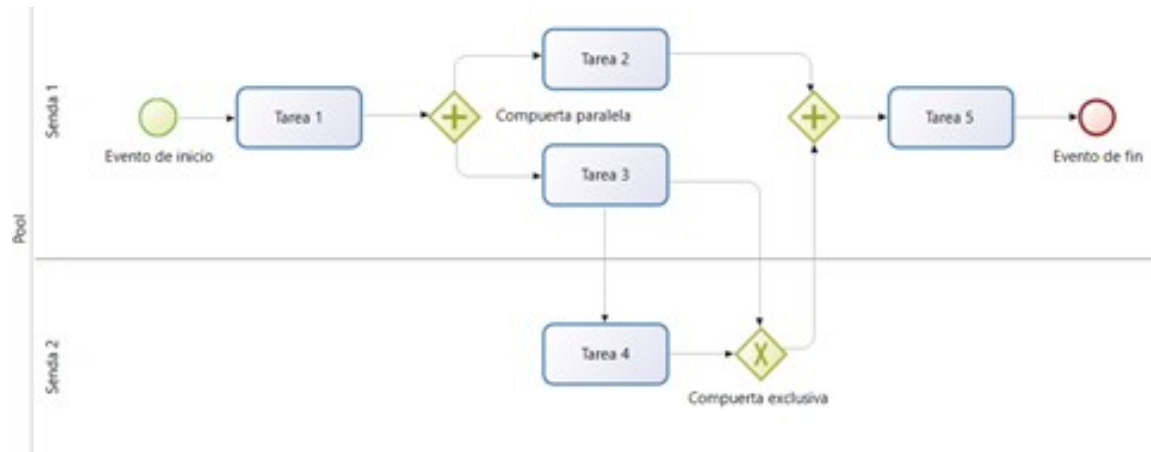


Figura 1 Diagrama de proceso.

Cada uno de los elementos que conforman un diagrama de proceso tiene varios tipos, y todos estos tipos se pueden conectar en una secuencia.

- Tareas: tareas que se realizan en el proceso: por humanos, por automatización o que activan subprocesos. Se configura el tiempo de servicio determinístico o estocástico.
- Eventos: se utilizan para iniciar o finalizar un proceso y para gestionar acciones específicas durante un flujo de trabajo; se desencadena o es el resultado de algo externo al flujo del proceso. Se configura por el número de casos y el tiempo entre ellos.
- Flujos de secuencia: se usa para mostrar cómo se mueve el flujo de trabajo.
- Compuerta de enlace (gateway): se utilizan para separar o unir el flujo del proceso y sus bifurcaciones se basan en probabilidades de ocurrencia. [20].

En la Tabla 2 se presentan algunos de los elementos que componen un BPMN básico, los cuales fueron considerados en el diseño del modelo.

Tabla 2 Elementos de un BPMN básico.

Elemento	Descripción
Tarea abstracta	Sin ejecución específica, actúa como marcador de posición para fines de documentación.
Inicio de evento	Comienza un flujo de proceso.
Fin de evento	Finaliza un flujo de proceso.
Puerta paralela	Todas las entradas deben recibirse (en cualquier orden) antes de que el proceso pueda continuar. Todas las salidas están activadas: el proceso continúa en paralelo.
Puerta exclusiva	Solo se necesita una entrada para que el proceso continúe. Solo se activa una salida: se necesita una condición para determinar cuál.
Puerta inclusiva	Puede disparar múltiples salidas simultáneamente. Admite condiciones en los flujos de secuencia salientes.
Flujo de secuencia	Dirige el flujo del proceso de una actividad a otra.

5.5. Modelo de simulación del proceso de logística.

Para el modelo del proceso de simulación de logística solo se presenta una parte del diagrama por restricciones de espacio. El proceso comienza con el evento de inicio denominado Solicitud de servicio, como se muestra en la Figura 2. El cliente genera la solicitud y es recibida por el gerente del centro de distribución (Figura 3). Al evaluar la prestación del servicio, el gerente toma la decisión de aceptar la misma o denegarla en caso de que no cumpla con los requisitos mencionados. Ante esta última instancia, el cliente puede generar una nueva solicitud, si modifica las condiciones del pedido mencionadas anteriormente o bien, cancelar el servicio generando un evento de Fin. Si la solicitud es aceptada, el flujo del proceso sigue una serie de actividades relacionadas la creación de remitos y la recepción de la carga.

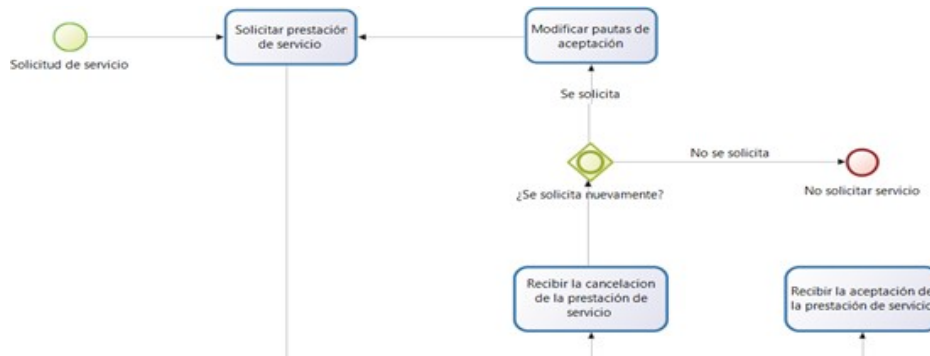


Figura 2 Lane del cliente (Inicio de proceso).

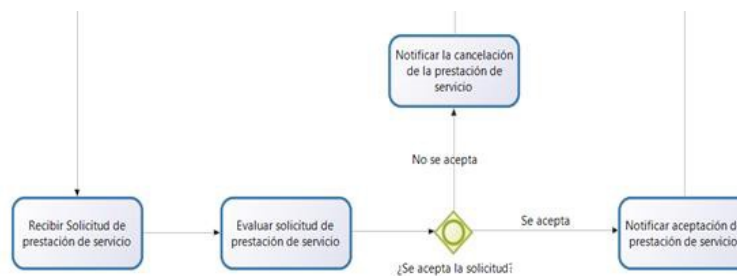


Figura 3 Lane del gerente de depósito.

En la Figura 4 se presentan las tareas realizadas por el supervisor del depósito y el personal de carga. Estas actividades son las que demandan más tiempo promedio debido a que están directamente relacionadas con la manipulación, embalaje, carga y descarga de las encomiendas en el equipo de transporte y con los controles durante dichas tareas.



Figura 4 Lane del supervisor de depósito (parte superior) y del personal de carga (parte inferior).

Inmediatamente después de que la carga sale del depósito, tanto el cliente como el receptor reciben una notificación de que su pedido se encuentra en camino (Figura 5). Durante el traslado de las mercaderías, el gerente del depósito, el cliente y el receptor pueden seguir en tiempo real el recorrido de la carga. Cuando el chofer llega al centro de distribución, se envía una notificación de arribo al gerente y este es el encargado de notificar al cliente de la llegada de su carga al centro. Luego de esta actividad, se converge al Evento de Terminación denominado Fin de Servicio, que procede a dar fin al proceso.

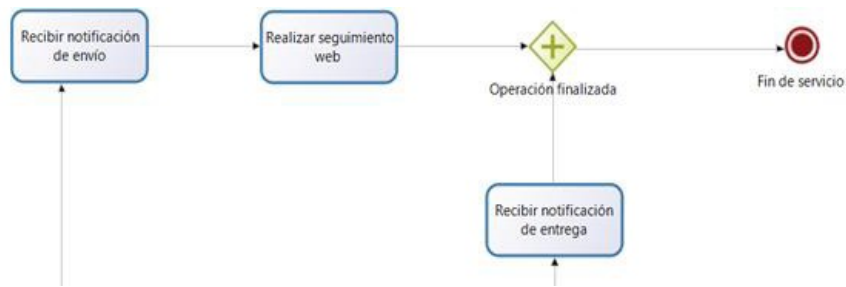


Figura 5 Lane del Cliente (Evento de Fin).

5.6. Resultados.

Al ejecutar cada simulación, un número específico de instancias durante un período de tiempo se ejecuta con datos que emulan la situación real y el resultado acumulado de todas las iteraciones se muestra en un informe [21]. En este caso, cada instancia corresponde a una solicitud de servicio. Para el caso de estudio, se definió la fecha y la hora del comienzo de la simulación, como también el número total de instancias para ejecutar. Las instancias fueron lanzadas a intervalos de tiempo, siguiendo una distribución exponencial entre arribos. También se definió el tiempo de servicio para cada tarea (estocástico) y se le asignaron recursos humanos y materiales.

En la Figura 6 se presenta una parte del informe del proceso completo que muestra los datos de la fecha y hora del inicio y de la finalización de la simulación para 100 instancias. La ejecución de las 100 instancias tuvo una duración de simulación de 24 horas, 43 minutos y 48 segundos. Este dato nos permite validar el modelo del proceso simulado ya que se corresponde con al tiempo real del proceso de logística.



Figura 6 Informe de simulación para 100 instancias.

Los resultados de la simulación presentados a continuación representan el trabajo del capital humano en la gerencia del depósito. El proceso ejecutado para 10 instancias en la Figura 7 muestra que, para dicha cantidad de arribos, el número máximo de recursos necesarios no supera a la unidad. Los picos que se aprecian corresponden a las instancias en que el flujo del proceso vuelve a la tarea Solicitar prestación, por lo que el recurso es utilizado nuevamente.

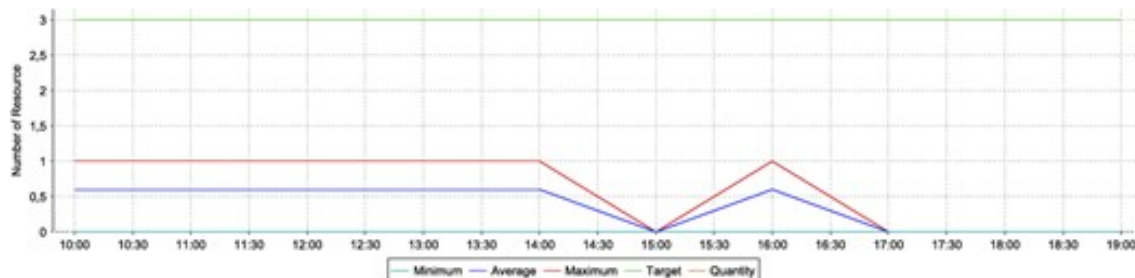


Figura 7 Consumo de Gerencia de depósito para 10 instancias.

En la Figura 8, el proceso fue ejecutado para 50 instancias. En este caso, los picos del recurso alcanzan a 3 unidades. Lo que significa un aumento del número de participantes en la gerencia del depósito si la empresa recibe un total de 50 solicitudes de prestación de servicio.

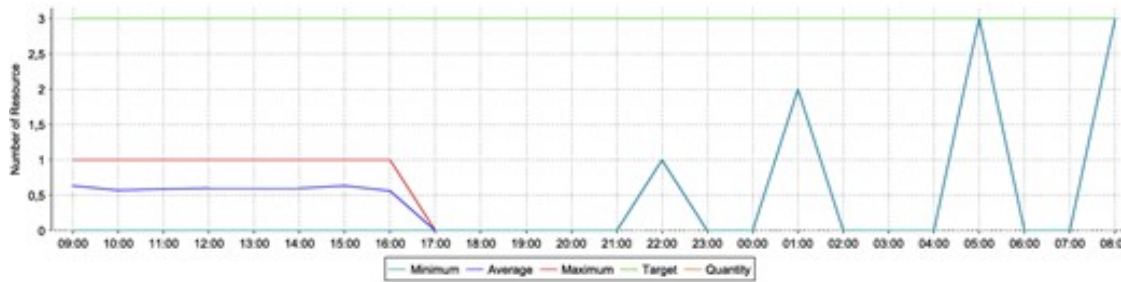


Figura 8 Consumo de Gerencia de depósito para 50 instancias.

En la ejecución de 100 instancias de la Figura 9, nuevamente se aprecia que se necesitan 3 unidades de capital humano mostrando que, para realizar todas las actividades gerenciales, el número de recursos objetivo tiende a 3 unidades. Se puede concluir que bastará contar con 3 gerentes en el depósito para cubrir un total de 100 solicitudes de prestación de servicio.

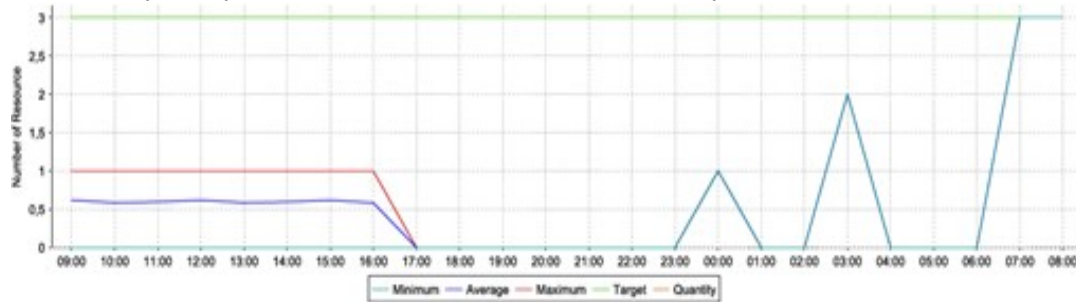


Figura 9 Consumo de Gerencia de depósito para 100 instancias.

La gerencia de la empresa está integrada por sus 2 dueños, por lo que deberá contratar a un tercer administrador para gestionar todas las actividades del área. Al conformar este nuevo equipo, la información permitirá la disminución en los tiempos de respuestas por cada solicitud de servicio y optimizará el servicio.

Con la incorporación del sistema de gestión en la nube computacional la empresa contará con una estrategia de implementación basada en contratar la tecnología informática que necesita y pagar por su uso, sin necesidad de desembolsos iniciales importantes de capital. Además centralizará la información existente en forma distribuida a través de un panel de control que monitorice en tiempo real el desarrollo de las operaciones de la empresa.

Por otro lado, el uso de las tecnologías de IoT reducirá la negación de las prestaciones de servicio, porque se podrán optimizar los pesos y volúmenes de cargas en los equipos de transporte. También, se reducirán los problemas de extravíos, faltantes y roturas de mercaderías gracias al seguimiento individualizado de cada producto. Así como, la mejora en la entrega a tiempo de mercaderías mediante la coordinación en tiempo real con los receptores, reduciendo así las entregas fallidas.

De este modo con el modelo y su simulación se propone un recurso que propicia el análisis de los resultados para diferentes escenarios y permite evaluar el comportamiento de los procesos y su desempeño antes de la implementación. Se pueden obtener otras métricas que profundizan el análisis de las salidas de simulación [21].

6. CONCLUSIONES.

En este trabajo se presenta una estrategia para el diseño de modelos de simulación, aplicada a Logística 4.0. Este se introduce con la presentación de diferentes definiciones de Industria 4.0 de reconocidos autores y se describen sus principales tecnologías. Sabiendo que solo la incorporación de tecnología no logra lo pretendido en Industria 4.0, se determina la necesidad de estudiar una metodología que haga una posible implementación.

Con base en el enfoque sistémico, con una visión desestructurada y tendiendo a la integración total, se selecciona el Modelado de Procesos de Negocios como teoría para la construcción de los modelos, de modo que a partir de estrategias de negocios se desarrollen tareas que interactúen en forma integrada para lograrlas. Es así que en la Sección 3.1 se desarrollan las etapas de la estrategia propuesta para el modelado y simulación de los procesos de logística.

Como complemento a la estrategia se propone en la Sección 4 un Conjunto de Métricas que propicie una visión general de las principales variables a abordar ante la utilización la nube computacional e IoT. Se aborda un caso de estudio en una empresa de transporte y se muestra, utilizando la simulación, la aplicación de la estrategia propuesta.

Como trabajo futuro se prevé la obtención de costos basados en el Conjunto de Métricas presentadas y el inicio del diseño del proceso planteado.

7. REFERENCIAS.

- [1] Ibarra, Dorleta; Ganzarain, Jaione; Igartua, Juan Ignacio. (2018). "Business model innovation through Industry 4.0: A review". *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2017. Vol. 22, pp. 4-10*. Tirgu-Mures, Rumania.
- [2] Blanco, Raúl; Fontodrona, Jordi; Poveda, Carmen. (2017). "La industria 4.0: El estado de la cuestión". *Economía industrial, Nº 406, pp.151-164*.
- [3] Kong, Zaojie; Meng, Yingxin; Dong, Ruiguo. (2008). "Study for method of BPR based on supply chain". *IEEE International Conference on Automation and Logistics*. Qingdao, China.
- [4] Steel, Marion; Dubelaar, Chris; Ewing, Michael T. (2013). "Developing customised CRM projects: The role of industry norms, organisational context and customer expectations on CRM implementation". *Industrial Marketing Management. Vol. 42, Nº 8, pp. 1328-1344*.
- [5] Haddara, Moutaz; Elragal, Ahmed. (2015). "The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future". *Procedia Computer Science, Vol. 64, pp. 721-728*.
- [6] Virgilio, Gilart; Pérez, Maciá; Berna-Martinez, Francisco; Gea, José Vicente; Martínez, Jorge, Selva Soler. (2008). "Modelando la maquinaria industrial como servicios: orientando los procesos de fabricación hacia el BPM". *Universidad de Alicante, pp. 77-91*.
- [7] Schmiedel, Theresa; Recker Jan; vom Brocke, Jan. (2019). "The relation between BPM culture, BPM methods, and process performance: Evidence from quantitative field studies". *Information & Management*. In Press.
- [8] Bonitasoft: <https://es.bonitasoft.com/>. Último acceso octubre de 2019.
- [9] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. (2015). "Industria 4.0: escenarios e impactos para la formulación de políticas tecnológicas en los umbrales de la cuarta revolución industrial". *INFOSePP, Año 5, nº 21*. Buenos Aires. Argentina.
- [10] Khan, Maqbool; Wu, Xiaotong; Xu, Xiaolong; Dou, Wanchun. (2017). "Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0". *IEEE International Conference on Communications (ICC 2017), SAC Symposium, Big Data Networking Track*. Paris, Francia.
- [11] del Val Román, José Luis. (2016). "Industria 4.0: la transformación digital de la industria". *Conferencia de directores y decanos de Ingeniería Informática*. Buenos Aires.
- [12] Lempel, Ariel. (2018). "Los robots en la Industria 4.0". *AADECA Revista. Nº 9, pp. 46-48*.
- [13] Amazon EC2: <https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [14] Google Cloud: <https://cloud.google.com/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [15] Microsoft Azure: <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [16] Mell, P., Grance, T. (2011). "The NIST Definition of Cloud Computing." *National Institute of Standards and Technology (NIST)*. Special Publication 800-145.
- [17] Amazon EC2: <https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/>. Último acceso octubre de 2019.
- [18] Vermesan, O. Friess, P. (2011). *Internet of Things - Global Technological and Societal Trends: Smart Environments and Spaces to Green ICT*. River Publishers.
- [19] Ballou, Ronald H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Quinta edición. Pearson Educación. México.
- [20] Bonitasoft. Ultimate Guide to BPMN2. 2019. BonitaSoft S.A.
- [21] Bonita Open Solution. BOS 5.5. Simulation Guide. Mayo de 2011. BonitaSoft S.A.

La mezcla de producción aplicando la Programación por Metas y el Proceso Analítico de Jerarquías

Berardi, María Betina; Zárate, Claudia; Esteban, Alejandra María

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata. cnzarate@fi.mdp.edu.ar.*

RESUMEN.

La teoría de las restricciones es un enfoque de la planificación y control de la producción que hace hincapié en la explotación de los cuellos de botella para mejorar el rendimiento de las líneas de producción. Teniendo en cuenta este concepto, en este trabajo se propone la integración de la Programación por Metas Ponderadas con el Proceso Analítico de Jerarquías para la obtención de la mezcla de productos, en un sistema de múltiples cuellos de botella. Se aborda el problema analizando el caso de una empresa que fabrica 4 productos que deben pasar por 6 estaciones de trabajo, si bien con la misma secuencia, todos hacen uso de los recursos en distinta medida. Se plantean metas sobre la maximización del beneficio y la explotación de los cuellos de botella. La priorización de dichos objetivos se obtiene a través del Proceso Analítico de Jerarquías, donde se considera la opinión del decisor. El resultado es una mezcla de producción que, además del beneficio, considera otros factores tales como la importancia relativa en la explotación de las estaciones cuello de botella.

Palabras Claves: Teoría de las Restricciones - Proceso Analítico de Jerarquías - Programación por Metas

ABSTRACT

The theory of constraints is a production planning and control approach that emphasizes the exploitation of bottlenecks to improve the performance of production lines. Taking this concept into account, this work proposes the integration of Weighted Goals Programming with Analytical Process of Hierarchies to obtain the products mixture, in a system of multiple bottlenecks. The problem is addressed by analyzing the case of a company that manufactures 4 products that must pass through 6 work stations, although with the same sequence, they all make use of the resources to a different extent. Goals are raised on profit maximization and the exploitation of bottlenecks. The prioritization of these objectives is obtained through the Hierarchy Analytical Process, where the opinion of the decision maker is considered. The result is a production mix which considers other factors such as the relative importance in the operation of the bottleneck stations, in addition to the benefit.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla para el caso de una empresa que vende muebles para oficina. El negocio consiste en adquirir los artículos prefabricados y en las instalaciones, se ensamblan, se pintan 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 la tabla 1 se detallan los procesos que se desarrollan como así también los medios de transporte interno utilizados para llevar los materiales de un sector a otro:

Tabla 1 *Procesos de obtención de los productos*

Operación	Proceso	Transporte interno
1	Las cajas se descargan en lotes	con autoelevador hasta almacén
2	Los lotes se almacenan en estanterías	con autoelevador a estanterías
3	Se ensamblan en forma unitaria en puesto de trabajo	Carro manual a puesto ensamble
4	Se pintan	Carro manual a puesto pintura
5	Se empacan en forma unitaria	Riel de ganchos a sector empaque
6	Se despachan en camión con autoelevador	con autoelevador

Gradualmente, y como resultado de varias acciones desde la gerencia de comercialización, se han ido incrementando las ventas y si bien, se han tomado algunas decisiones vinculadas al aumento de capacidad en el corto plazo tales como crecimiento del personal, el problema del equilibrio demanda- capacidad se presenta casi habitualmente al momento de programar la producción.

En función de la demanda proyectada, aparecen cuellos de botella, que limitan la satisfacción de la misma. En este caso, la utilización de la Programación Lineal para obtener la mezcla óptima de producción se presenta como la herramienta ideal. No obstante, la aplicación de este modelo sólo considera como único factor de interés la obtención del máximo beneficio.

La Programación por Metas Ponderadas es una metodología que también se suele aplicar para la obtención de la mezcla. La misma, otorga flexibilidad al modelo y permite que otros factores u objetivos que pueden ser tan o más importantes que la obtención del máximo beneficio se consideren en la toma de decisión. Por otra parte, el método del Proceso Analítico de Jerarquías permite al decisor, estimar en forma sistemática el peso de los factores sin incurrir en falta de consistencia al momento de su ponderación [1].

En este trabajo se aplicará el Proceso Analítico de Jerarquías para estimar el peso de ponderación de los factores que el decisor considere importantes y a partir de los mismos se definirán, utilizando la Programación por Metas Ponderadas, distintos escenarios que permiten obtener la mejor solución.

Para la aplicación de los distintos modelos se utiliza el complemento Solver de Excel.

2. MARCO TEÓRICO.

En las complejas organizaciones actuales, en general, las decisiones se deben tomar en situaciones de información incompleta, recursos limitados, multiplicidad de objetivos, conflicto de intereses, entre otras. En estas condiciones no es posible lograr una optimización, pero se puede llevar a cabo una solución satisfactoria, es decir, satisfactoria y suficiente [2].

2.1. El Proceso Analítico de Jerarquías.

El Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ) (o AHP, Analytic Hierarchy Process), desarrollado por Thomas L. Saaty, está diseñado para resolver problemas complejos que tienen criterios múltiples.

Es un método de trabajo sencillo, lógico y estructurado, basado en la descomposición del problema en una estructura jerárquica.

Parte del 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. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del PAJ. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 2, para calificar las preferencias relativas de los elementos. A través de un desarrollo matemático se calculan los vectores de prioridades [3].

Tabla 2 *Escala de Saaty*

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

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 dicho grado es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

2.2 La Programación por Metas Ponderadas.

La Programación por Metas (PM) se apoya en el concepto, introducido por Simon en 1956, que conduce a una teoría de racionalidad acotada en contraste a la teoría clásica basada en una racionalidad perfecta [4].

Este cambio de lógica, implica que el decisor no maximice ni minimice determinada función objetivo, sino que debe intentar que una serie de metas relevantes se acerque lo máximo posible a sus objetivos fijados previamente. Por lo tanto, se deben buscar soluciones razonables mediante el máximo cumplimiento de determinados niveles de aspiración, [5].

La PM es una metodología flexible basada en Programación Lineal, que permite resolver problemas con objetivos múltiples, inconmensurables o no, complementarios o en conflicto.

En PM los objetivos se transforman en restricciones meta, las que se añaden al conjunto de restricciones fijas. Ellas representan limitaciones no rigurosas, debido a que el nivel de aspiración deseado puede ser o no alcanzado. Para ello se introducen desviaciones negativas y positivas, que miden el exceso o falta de cumplimiento de cada meta respecto al objetivo anhelado.

La estructura general de un modelo PM con q metas y m-q restricciones del sistema o restricciones técnicas es el siguiente, ecuaciones 1 a 5:

Función de Logro

$$\min(\sum^q \alpha_i n_i + \beta_i p_i) \tag{1}$$

Sujeto a:

$$f_i(x) + n_i - p_i = t_i \quad \forall i \in \{1, \dots, q\} \tag{2}$$

$$h_i(x) \leq b_i \quad \forall i \in \{q+1, \dots, m\} \tag{3}$$

$$n_i^* p_i = 0 \quad \forall i \in \{1, \dots, q\} \tag{4}$$

$$x, n_i, p_i \geq 0 \tag{5}$$

Donde:

n_i y p_i son las desviaciones negativas y positivas, que cuantifican la falta o exceso de logro respectivamente;

$\alpha_i = w_i/k_i$, si n_i es no deseada en caso contrario $\alpha_i = 0$;

$\beta_i = w_i/k_i$, si p_i es no deseada en caso contrario $\beta_i = 0$;

w_i son los pesos de ponderación o de preferencia;

k_i son las constantes de normalización;

$f_i(x)$ o $h_i(x)$ representan las expresiones matemáticas del atributo i-ésimo, es decir una función del vector x de las variables de decisión;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$ vector de variables de decisión

t_i es el nivel de aspiración asociado al atributo i-ésimo.

La PM admite distintos enfoques respecto al tratamiento de la función de logro. El modelo presentado en la ecuación 1 corresponde al denominado Programación por Metas Ponderadas (PMP), donde se busca minimizar el logro agregado entre las metas. Los pesos w_i permiten diferenciar los distintos objetivos en orden de importancia, valores mayores representan metas más importantes. Los objetivos inconmensurables deben ser tratados en términos de una misma unidad de medida, es por ello que es necesario afectarlos por una constante de normalización. Se puede emplear diferentes constantes de normalización, las más utilizadas son:

- El valor objetivo o *target* $k_i = t_i$, no es aplicable cuando los objetivos son cero.
- La norma Euclideana, de los coeficientes técnicos del objetivo (a_{ij}), ecuación 6:

$$k_i = \sqrt{\sum_j a_{ij}^2} \quad (6)$$

- La sumatoria de los valores absolutos de los coeficientes técnicos del objetivo, ecuación 7:

$$k_i = \sum_j |a_{ij}| \quad (7)$$

3. DESARROLLO.

A partir del objetivo planteado, esta sección se definirán en primer término, las características técnico económicas del sistema de producción. Seguidamente se plantea como primera alternativa de mezcla de producción la solución que es arrojada por Programación Lineal. Como resultado de aplicar este modelo, se obtienen la mezcla que genera el máximo beneficio y las operaciones cuello de botella que restringen la producción.

Una vez determinados los recursos restrictivos, se aplica el modelo de Programación por Metas Ponderadas, utilizando el Proceso Analítico de Jerarquías a efectos de obtener la ponderación relativa de las desviaciones no deseadas, que de acuerdo a la opinión del decisor son relevantes. Finalmente se analizan los distintos escenarios que son el resultado de aplicar distintos pesos de ponderación.

3.1 Características técnico-económicas del Sistema de Producción.

En la Tabla 3, se muestran los datos brindados por el área de Comercialización, precio de venta y demanda proyectada como así también aquellos provenientes de Finanzas, referidos al costo y beneficio unitario.

Tabla 3 Datos de Comercialización y Finanzas

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
PV	1850	1730	1950	1600
Costo [\$/u]	1011,25	844,125	870	1147,5
Beneficio [\$/u]	838,75	885,875	1080	452,5
Demanda Proyectada [u/mes]	800	450	500	600

En Tabla 4 se presentan las capacidades de las actividades desarrolladas en el sistema de operaciones de la organización.

Tabla 4 Capacidad de las actividades

Actividad	Nº de operarios	h/mes
DESCARGA (DC)	4	640
ALMACENAMIENTO (AL)	1	160
ENSAMBLE(EN)	12	1920
PINTURA (PI)	8	1280
EMPAQUE (EQ)	6	960
DESPACHO (DP)	4	640

En la Tabla 5 se muestra los consumos de los recursos en función del producto.

Tabla 5 Consumo de las actividades según el producto

Actividad	X ₁ [h/u]	X ₂ [h/u]	X ₃ [h/u]	X ₄ [h/u]
DESCARGA (DC)	0,33	0,283	0,5	0,025
ALMACENAMIENTO (AL)	0,0167	0,025	0,005	0,04
ENSAMBLE(EN)	0,49	0,361	0,32	0,56
PINTURA (PI)	0,65	0,25	0,42	0,68
EMPAQUE (EQ)	0,65	0,68	0,74	0,62
DESPACHO (DP)	0,6	0,6	0,45	0,3

Finalmente, en Tabla 6, se presenta el análisis de la capacidad de la instalación en función de la demanda proyectada.

Tabla 6 Consumo de los recursos para la demanda proyectada

Actividad	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	h. nec	h. disp.	%utilización
DC	266,7	127,5	250,0	15,0	659,2	640,0	103,0
AL	13,3	11,3	2,5	24,0	51,1	160,0	31,9
EN	392,0	162,5	160,0	336,0	1050,5	1920,0	54,7
PI	520,0	112,5	210,0	408,0	1250,5	1280,0	97,7
EQ	520,0	306,0	370,0	372,0	1568,0	960,0	163,3
DP	480,0	270,0	225,0	180,0	1155,0	640,0	180,5

Se observa que los recursos DC, EQ Y DP se encuentran sobrecargados si se desea satisfacer la totalidad de la demanda. El requerimiento más crítico es el correspondiente a la actividad de despacho y es en consecuencia el recurso cuello de botella o Unidad de Recurso Escaso URE

3.2 Obtención de la mezcla óptima.

A partir de los datos presentados, se aplica el modelo de Programación Lineal, a efectos de obtener la mezcla que maximiza el beneficio. En el cuadro 1 se presentan los resultados:

Cuadro 1 Modelo de Programación Lineal

		X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4		
FO	1112682,8	27	450	500	429	2	75	100	43	2	75	25	43		
BU		838,75	885,875	1080	452,5	-625	-212,5	-312,5	-31,25	-23,4375	-14,0625	-9,375	-37,5		
DCX1		1				-15								-3	<= 0
DCX2			1				-6							0	<= 0
DCX3				1				-5						0	<= 0
DCX4					1				-10					-1	<= 0
ALX1		1								-15				-3	<= 0
ALX2			1								-6			0	<= 0
ALX3				1								-20		0	<= 0
ALX4					1								-10	-1	<= 0
h DC						5	1,7	2,5	0,25					398,25	<= 640
h AL										0,25	0,15	0,1	0,4	31,45	<= 160
h EN		0,49	0,361	0,32	0,56									575,92	<= 1920
h PI		0,65	0,25	0,42	0,68									631,77	<= 1280
h EQ		0,65	0,68	0,74	0,62									958,53	<= 960
h DP		0,6	0,6	0,45	0,3									638,9	<= 640
V1		1												27	<= 800
V2			1											450	<= 450
V3				1										500	<= 500
V4					1									429	<= 600

Del mismo se puede observar que:

- La mezcla que optimiza el beneficio está formada por 27 unidades de X₁, 450 de X₂, 500 de X₃ y 429 de X₄.
- El beneficio obtenido por la fabricación y venta de esta mezcla es de \$ 1112683.
- Los recursos EQ y DP son los que más se utilizan, aunque no se agotan totalmente.
- El recurso EQ es utilizado en 958,53 h.
- El recurso DP es utilizado en 638,9 h.

3.3. Aplicación del modelo de Programación por Metas Ponderadas (PMP).

A partir de los resultados obtenidos por Programación Lineal, se plantea el modelo de PMP, a efectos de obtener una solución que considere múltiples objetivos que son maximizar el beneficio y maximizar la explotación de los cuellos de botella. La metodología propuesta permite al tomador de decisiones determinar la importancia de los objetivos basado en otros criterios como pueden ser el costo de la hora ociosa de un recurso restrictivo, entre otros.

En consecuencia, se plantean las siguientes restricciones meta para el modelo:

1. Objetivo del máximo beneficio:

$$838,75 X_1 + 885,875 X_2 + 1080 X_3 + 452,5 X_4 - 625 DC_1 - 212,5 DC_2 - 312,5 DC_3 - 31,25 DC_4 - 23,4 AL_1 - 14,0 AL_2 - 9,375 AL_3 - 37,5 AL_4 + n_1 = 1794175$$

2. Objetivo de maximizar el uso del recurso EQ

$$0,65 X_1 + 0,68 X_2 + 0,74 X_3 + 0,62 X_4 + n_2 = 960$$

3. Objetivo de maximizar el uso del recurso DP

$$0,6 X_1 + 0,6 X_2 + 0,45 X_3 + 0,3 X_4 + n_3 = 960$$

Cabe mencionar que las desviaciones positivas no se consideran en el modelo dado que éstas no son factibles debido a las características del sistema operativo.

3.3.1 PMP con metas igualmente ponderadas.

En el cuadro 2 se presenta el modelo de Programación por Metas en el que los coeficientes de las desviaciones no deseadas de la función de logro se encuentran igualmente ponderados y normalizados.

Cuadro 2 Programación por Metas igualmente ponderadas

		X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4	n1	n2	n3			
FO	0,408115	30	444	500	430	2	75	196	50	2	74	25	43	5,57E-07	0,001041667	0,0015625			
BU		838,75	885,875	1080	452,5	-625	-212,5	-312,5	-31,25	-23,4375	-14,0625	-9,375	-37,5	1	1,98	1,6	1794175	=	1794175
DCX1		1				-15											0	<=	0
DCX2			1				-6										-6	<=	0
DCX3				1				-5									-480	<=	0
DCX4					1				-10								-70	<=	0
ALX1		1								-15							0	<=	0
ALX2			1								-6						0	<=	0
ALX3				1								-20					0	<=	0
ALX4					1								-10				0	<=	0
h DC						5	1,7	2,5	0,25								640	=	640
h AL										0,25	0,15	0,1	0,4				31,3	<=	160
h EN		0,49	0,361	0,32	0,56												575,784	<=	1920
h PI		0,65	0,25	0,42	0,68												632,5	<=	1280
h EQ		0,65	0,68	0,74	0,62										1		960	=	960
h DP		0,6	0,6	0,45	0,3												640	=	640
V1		1															30	<=	800
V2			1														444	<=	450
V3				1													500	<=	500
V4					1												430	<=	600

Para este modelo:

- la mezcla está formada por 30 unidades de X₁, 444 de X₂, 500 de X₃ y 430 de X₄.
- El beneficio obtenido es de \$ 1794175 - \$ 724043,38 = \$ 1070131,63.
- El recurso EQ utilizado es de 960 h - 1,98 h = 958,02 h.
- El recurso DP utilizado es de 640 h - 1,6 h = 638,4 h.

3.3.2. Programación por Metas Ponderadas según criterio del decisor

Para la ponderación de los criterios se utiliza una matriz de comparaciones pareadas que permite al decisor determinar la importancia relativa de las desviaciones no deseadas. Se definen:

C₁: coeficiente que pondera el beneficio

C₂: coeficiente que pondera explotación de EQ

C₃: coeficiente que pondera explotación de DP

Para este trabajo en particular se plantean dos matrices distintas que se denominan Situación I y Situación II. De esta forma se pretende visualizar el efecto de la distinta ponderación, en la obtención de la mezcla. Las ponderaciones se realizaron utilizando la escala de Saaty.

Situación I: el decisor considera extremadamente preferible obtener la máxima rentabilidad frente a los otros dos factores que consideran la explotación de los cuellos de botella. En la tabla 5a se presenta la matriz de comparaciones pareadas y la tabla 5b presenta la normalización resultante de dicha comparación. Se verificó la consistencia perfecta de la matriz.

Tabla 5a. Comparación pareada de los coeficientes Situación I

	C ₁	C ₂	C ₃
C ₁	1	9	9
C ₂	1/9	1	1
C ₃	1/9	1	1

Tabla 5b Vector resultante Situación I

	C ₁	C ₂	C ₃	Vector
C ₁	0,8182	0,8182	0,8182	0,8182
C ₂	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
C ₃	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909

Los coeficientes de ponderación que forman el vector resultante, se normalizan y se introducen en el modelo de PMP, generando los resultados presentados en el cuadro 3.

Cuadro 3 PMP con factores ponderados para Situación I

	X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4	n1	n2	n3								
FO	0,3156	27	449	500	430	2	75	100	43	2	75	25	43	4,56021E-07	9,4697E-05	0,000142045							
BU	838,75	885,875	1080	452,5	-625	-212,5	-312,5	-31,25	-23,4375	-14,0625	-9,375	-37,5	1	691925,5625	0,53	0,4	1794175	=	1794175				
DCX1	1				-15													-3	<=	0			
DCX2		1				-6													-1	<=	0		
DCX3			1				-5												0	<=	0		
DCX4				1				-10											0	<=	0		
ALX1	1								-15											-3	<=	0	
ALX2		1								-6											-1	<=	0
ALX3			1								-20										0	<=	0
ALX4				1								-10									0	<=	0
h DC					5	1,7	2,5	0,25													398,25	<=	640
h AL									0,25	0,15	0,1	0,4									31,45	<=	160
h EN	0,49	0,361	0,32	0,56																	576,119	<=	1920
h PI	0,65	0,25	0,42	0,68																	632,2	<=	1280
h EQ	0,65	0,68	0,74	0,62											1						960	=	960
h DP	0,6	0,6	0,45	0,3												1					640	=	640
V1	1																				27	<=	800
V2		1																			449	<=	450
V3			1																		500	<=	500
V4				1																	430	<=	600

Para este modelo:

- la mezcla está formada por 27 unidades de X₁, 449 de X₂, 500 de X₃ y 430 de X₄.
- El beneficio obtenido es de \$ 1794175 - \$ 692925,5625 = \$ 1102249,44.
- El recurso EQ utilizado es de 960 h - 0,53 h = 959,47 h.
- El recurso DP utilizado es de 640 h - 0,4 h = 639,6 h.

Situación II: el decisor considera como extremadamente importante la plena ocupación del centro EQ respecto de los dos factores restantes. La matriz de comparaciones pareadas y la matriz normalizada producto de esta ponderación se presentan en tablas 6a y b. Se verificó además consistencia perfecta de la matriz.

Tabla 6 a Comparación pareada de los coeficientes Situación II

	C ₁	C ₂	C ₃
C ₁	1	1/9	1
C ₂	9	1	9
C ₃	1	1/9	1

Tabla 6b Vector resultante Situación II

	C ₁	C ₂	C ₃	Vector
C ₁	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909
C ₂	0,8182	0,8182	0,8182	0,8182
C ₃	0,0909	0,0909	0,0909	0,0909

Procediendo de la misma forma que en Situación I, los valores del vector resultante, normalizados se introducen en el modelo de PMP, generando los resultados en el cuadro 4:

Cuadro 4 PMP con factores ponderados para Situación II

	X1	X2	X3	X4	DC1	DC2	DC3	DC4	AL1	AL2	AL3	AL4	n1	n2	n3									
FO	0,035	34	442	500	431	3	74	100	44	3	74	25	44	5,0669E-08	0,0008523	0,000142045								
BU	838,75	885,875	1080	452,5	-625	-212,5	-312,5	-31,25	-23,438	-14,063	-9,375	-37,5	1	692293,5625	0,12	0,1	1794175	=	1794175					
DCX1	1				-15																-11	<=	0	
DCX2		1				-6																-2	<=	0
DCX3			1				-5															0	<=	0
DCX4				1				-10														-9	<=	0
ALX1	1								-15													-11	<=	0
ALX2		1								-6												-2	<=	0
ALX3			1								-20											0	<=	0
ALX4				1								-10										-9	<=	0
h DC					5	1,7	2,5	0,25														401,8	<=	640
h AL									0,25	0,15	0,1	0,4										31,95	<=	160
h EN	0,49	0,361	0,32	0,56																		577,582	<=	1920
h PI	0,65	0,25	0,42	0,68																		635,68	<=	1280
h EQ	0,65	0,68	0,74	0,62											1							960	=	960
h DP	0,6	0,6	0,45	0,3												1						640	=	640
V1	1																					34	<=	800
V2		1																				442	<=	450
V3			1																			500	<=	500
V4				1																		431	<=	600

Para este modelo:

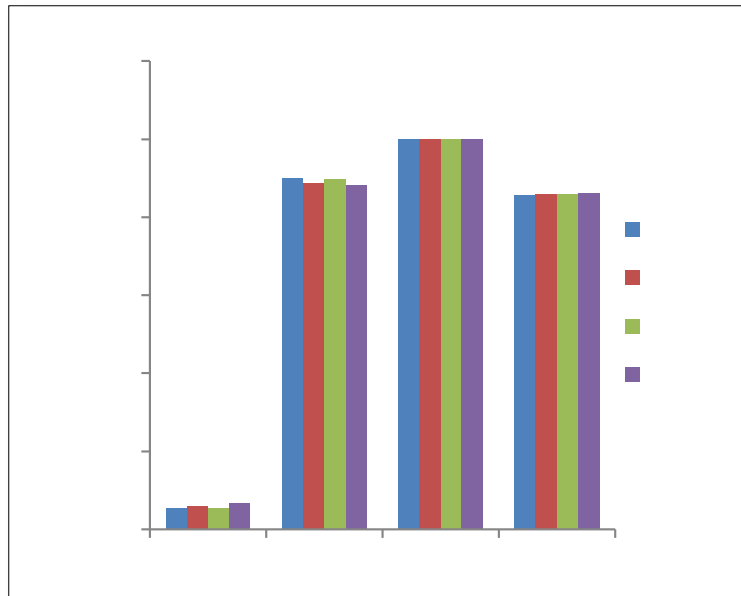
- la mezcla está formada por 34 unidades de X₁, 442 de X₂, 500 de X₃ y 431 de X₄.
- El beneficio obtenido es de \$ 1794175 - \$ 692293,5625 = \$ 1101881,44.
- El recurso EQ utilizado es de 960 h - 0,12 h = 959,88 h.
- El recurso DP utilizado es de 640 h - 0,1 h = 639,9 h.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A partir de los resultados presentados en el apartado anterior, es posible visualizar los siguientes logros.

En la figura 1 se observa como varía la mezcla en función del modelo utilizado:

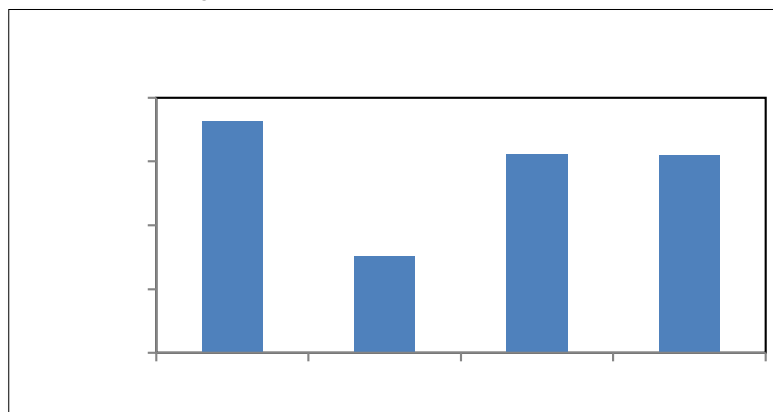
Figura 1 Variación de la mezcla de producción



Claramente no existe una única solución al problema, sino que la misma va cambiando según sea el modelo utilizado. Esto es un claro indicador que el decisor deberá plantear distintos escenarios para finalmente decidir cuál es el que mejor ajusta a sus necesidades.

En la figura 2, se observa el efecto en el beneficio según se selecciona la mezcla.

Figura 2 Beneficio según Modelo utilizado



Se observa que el modelo de Programación Lineal es el de máximo beneficio, el de PM es el modelo de beneficio menor y la ponderación de las metas no tiene, en este caso, un efecto definido sobre el beneficio.

En la Tabla 7 se presenta un cuadro resumen para permitir la comparación de resultados.

Tabla 7 Resumen de resultados

	X1	X2	X3	X4	n1	n2	n3	Beneficio	hs EQ	%utilizacion de CB	hs DP	%utilizacion de CB
PL	27	450	500	429				1112682,81	958,53	0,99846875	638,9	0,99828125
C1=C2=C3	30	444	500	430	724043,375	1,98	1,6	1070131,63	958,02	0,9979375	638,4	0,9975
C1=0.818 (situación I)	27	449	500	430	691925,5625	0,53	0,4	1102249,44	959,47	0,99944792	639,6	0,999375
C2=0.818 (situación II)	34	442	500	431	692293,5625	0,12	0,1	1101881,44	959,88	0,999875	639,9	0,99984375

En la misma se puede observar que:

El modelo de PL proporciona la mezcla que maximiza el beneficio, aunque no agota el uso de los cuellos de botella (CB).

Si se analizan los resultados de PMP, se observa claramente como varía la mezcla resultante, el beneficio y las horas de uso de los recursos, según sea el valor de los coeficientes:

- Cuando $C_1=0.818$, y $C_2=C_3=0.091$ la mezcla arrojada por el modelo es la de mayor beneficio y la de menor utilización de los CB
- Cuando $C_2=0.818$ y $C_1=C_3=0.091$, se obtiene el mayor porcentaje de utilización de EQ

5. CONCLUSIONES.

El problema de obtención de la mezcla de producción en un entorno de múltiples cuellos de botella, se resuelve habitualmente utilizando la técnica de Programación Lineal.

No obstante, el empleo de este modelo, considera como único factor a tener en cuenta en el proceso de optimización, aquél que se introduce en la función objetivo, habitualmente el beneficio. La Programación por Metas en cambio, permite la consideración de otros objetivos que el decisor puede suponer importantes en la determinación de la mezcla, confiriendo flexibilidad al modelo.

La Programación por Metas Ponderadas, además permite al decisor introducir su opinión respecto de la importancia de dichos factores. Dicha ponderación se puede realizar utilizando el Proceso Analítico de Jerarquías, de forma tal de no incurrir en inconsistencias al momento de emitir los juicios.

Este trabajo propone una metodología de utilizar en forma conjunta el PAJ y la PMP en la determinación de la mezcla de producción en un sistema de múltiples cuellos de botella, y demuestra a partir de la aplicación directa en un caso real, su efectividad.

6. REFERENCIAS.

- [1] Tanhaie, Fahimeh; Nahavandi, Nasim. (2017). "Solving product mix problem in multiple constrains environment using goal programming". *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*. Vol. 4, No. 1, pp. 1-12.
- [2] Bonatti Patricia. (2011). *Teoría de la Decisión*. 1ra. Edición - Buenos Aires, Prentice Hall – Pearson Education, Argentina.
- [3] Saaty, Thomas. (2008). "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process". *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, No. 1, pp. 83-98. Pittsburg, USA.
- [4] Simon, Herbert. (1956). "Rational Choice and the Structure of the Environment". *Psychological Review*, vol. 63(2), pp.129– 138.
- [5] Tamiz, Mehrdad; Jones, Dylan; Romero, Carlos. (1998). "Theory and Methodology Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art". *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, pp. 569–581.

Nuevas tecnologías informáticas para la sustentabilidad logística con soporte criptográfico y mediadas por aplicaciones móviles y web, reingeniería en código abierto.

No, Irma Noemi*; Tornillo, Julián Eloy ; Ciccone, Pablo Luis Antonio; Battaglini, Javier Leonardo

*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; ino@ingenieria.unlz.edu.ar; jtornillo@ingenieria.unlz.edu.ar
pablociccone@hotmail.com; fliabatta@gmail.com*

RESUMEN

Las nuevas tecnologías informáticas que intervienen de manera activa y superadora en los diferentes procesos industriales se orientan a la optimización socioeconómica y ambiental de los mercados. En el área logística las innovaciones derivadas de la digitalización en tareas de planeamiento, ejecución y el respeto ambiental se combinan con nuevas aplicaciones informáticas orientadas a la descentralización y el seguimiento de cada etapa, bajo condiciones de elevada seguridad (de perfil criptográfico) y contratación inteligente. Este artículo recorre las bases de nuestra investigación y producción de un sistema integrado de software libre, orientado a las decisiones sustentables y trazables del ingeniero en empaque, abarcando: la optimización costo-espacial con softwares de paletizado/carga, el cálculo digitalizado de huella de carbono por transportación, las tecnologías de aseguramiento de trazabilidad de productos (cadenas de bloques "Blockchain"), y las nuevas formas de contacto, mediación y contratación, referenciadas aquí bajo el nombre "Uber-logístico".

Palabras Clave: logística sustentable, trazabilidad Blockchain, decisión en empaque, contratos inteligentes.

ABSTRACT

The new computer technologies that intervene in an active way in the different industrial processes are oriented to the socioeconomic and environmental optimization of the markets. In the logistics area, the innovations derived from digitalization in planning, execution and environmental respect tasks are combined with new computer applications oriented to decentralization and monitoring of each stage, under conditions of high security (of cryptographic profile) and intelligent contracting. This article covers the bases of our research and production of an integrated free software system, oriented to the sustainable and traceable decisions of the packaging engineer, covering: cost-spatial optimization with palletizing / loading software, digitized calculation of the footprint carbon produced by transportation, product traceability assurance technologies (blockchain chains), and new forms of contact, mediation and contracting, known as "Uber-Freight".

1. INTRODUCCIÓN

La última encuesta publicada por el Observatorio de Logística Sustentable ITBA [1] sobre el estado de concientización e implementación de políticas, técnicas y herramientas de sustentabilidad logística en grandes, medianas y pequeñas empresas en Argentina, arroja un porcentual aún no satisfactorio (30%) del cumplimiento de las metas y lineamientos sobre eficiencia energética y emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que determina la Secretaría de Energía de la Nación. Parte de la optimización del cuidado ambiental en operaciones logísticas encuentra hoy, a través de plataformas de georreferenciación y contacto entre partes de la cadena logística, un importante soporte con la incorporación de tecnologías informáticas orientadas a la economía de recursos y eliminación de intermediarios. Se encuentran en fase de inicio plataformas orientadas al transporte de carga (de similares características a los softwares de transportación de personas), en modalidad móvil y web. Para el aseguramiento en la calidad de estos avances tecnológico-digitales aplicados a la ingeniería de suministros y logística, se utilizan recursos criptográficos ya probados en otros campos, específicamente el modelo de “cadena de bloques” (en adelante Blockchain) [2]. Consecuentemente, las ideas de sustentabilidad ambiental, modelos de negocios digitalizados y seguridad informática conforman un área conjunta de estudio, promoviendo mediante su interacción un avance sostenido en el campo de la Ingeniería Industrial.

En este nuevo escenario, la inclusión de recursos de software libre como soporte a digitalización de diferentes procesos de la cadena de suministros, ofrece algunas ventajas competitivas a largo plazo, considerando niveles de sustentabilidad económica y tecnológica y permanente soporte colaborativo masivamente distribuido, a través de plataformas de código abierto y gratuito.

En los siguientes apartados compartiremos los recursos hallados y las metodologías utilizadas hasta el momento para alcanzar el objetivo de: detectar y desarrollar herramientas en el ámbito de la logística sustentable a través de la sinergia: código abierto, control de impacto ambiental, trazabilidad y contratación inteligente; como orientación, se esquematiza en la Figura 1 el nuevo modelo industrial y de negocios 4.0 [3], en el cual el consumidor final (o en su defecto el comerciante minorista) activa el flujo digitalizado de las órdenes de compra dando origen a la cadena de producción/suministro y sus correspondientes registros en blockchain, la agilización del sistema de reparto por transportación bajo el sistema “Uber-Freight”, y la llegada del producto a manos del consumidor final, con etiquetas que comunican: la responsabilidad ambiental de la empresa CO₂ (“calculo/reduzco/compenso”) y el origen/trazabilidad del producto (código QR).

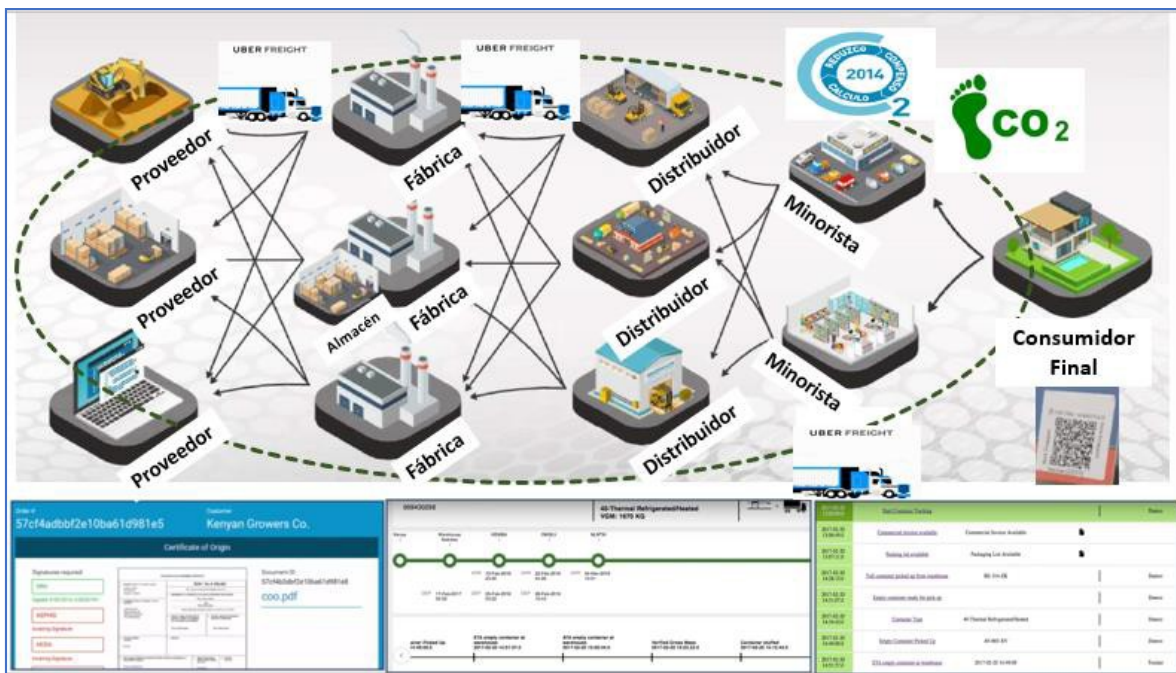


Figura 1 – Modelo Industrial 4.0 Sustentable (Fuente: elaboración propia, elementos autorizados)

2. METODOLOGÍA Y RECORRIDO

El marco de referencia teórico y técnico-profesional orientados al objeto de estudio se inicia mediante prácticas de vigilancia tecnológica, siguiendo el modelo operativo de los cinco pasos “Montes 2014” ajustado al problema [4].

La determinación de los factores críticos de vigilancia y su jerarquización se basa en el recorrido de las plataformas Patentinspiration, Espacenet y PatentScope (se han omitido las plataformas de pago: Vigiale y Miniera siguiendo las decisiones de financiamiento del proyecto). A través de estas bases de datos abiertas, se han logrado extraer: palabras, personas y temas clave. El análisis

exploratorio de las búsquedas anteriores sumadas a las realizadas en diferentes bases bibliográficas de artículos/revistas científicas (Scielo, Redalyc, y otras), demuestran que el abordaje de la temática “logística sustentable” es: muy actual, heterogéneo por regiones y aún no muy exhaustivamente aprovechado.

En orden de magnitud mostramos sólo algunos de los datos recogidos con respecto a la producción de patentes en las diferentes aristas de nuestra temática: Métodos de Paletizado 13667 patentes a la fecha (Figura 2). La importante cantidad de registros incluyen diferentes abordajes y una larga tradición por la búsqueda de un óptimo operativo bajo muy diversas condiciones de contorno y propósitos.

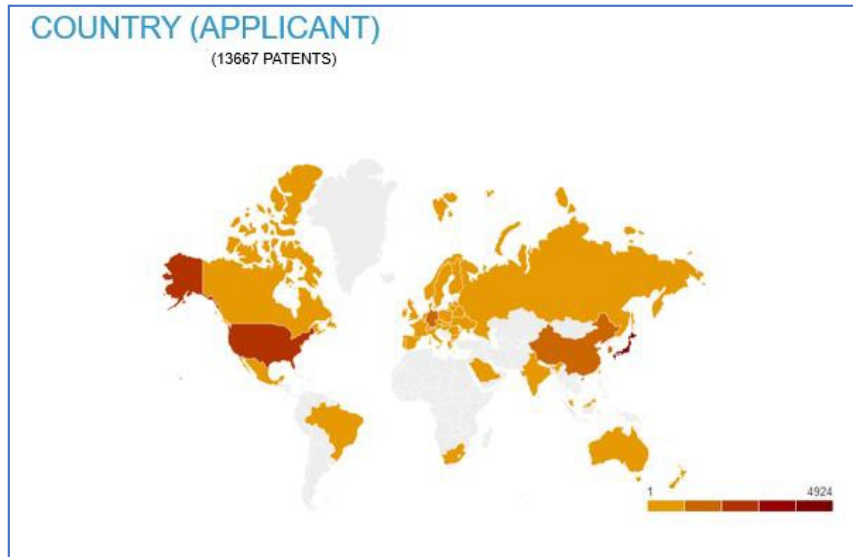


Figura 2- Métodos de Paletizado y Carga - Distribución Geográfica de Empresas propietarias de patente (Fuente: Elaboración propia con asistente visual de Patentinspiration)

Son numerosos los estudios y recursos en medición de huella de carbono, pero al incluir el refinamiento “transportación” en la búsqueda, la cantidad de patentes se reduce muy notablemente (cuarenta y ocho). La “Huella de Carbono por transportación” analizada desde el punto de vista del propietario (applicant) de patente, puede observarse en la Figura 3. Como detalle de interés se destaca que se halló sólo una academia propietaria en la temática: la Universidad de Shanghai.



Figura 3 - Huella de carbono por transportación - Propietarios de Patentes (Fuente: Elaboración propia con asistente visual de Patentinspiration)

La herramienta blockchain como resguardo de aseguramiento criptográfico se está extendiendo a numerosos campos (en instituciones gubernamentales, empresas y academias), muy por fuera de su conocida aplicación originaria destinada al ámbito de las finanzas y las criptomonedas. Constantes noticias de nuevos usos pueden observarse en diferentes medios de divulgación social y periodística (por ejemplo, en el campo de la Blockchain Federal Argentina - BFA.ar).

Básicamente esta cadena de bloques actúa como un dispositivo de trazabilidad mediante la transmisión digital de un activo con la asignación de una pluralidad de claves públicas y la consecuente generación de claves privadas en modo de firma digital, realizando un registro de relaciones de ciertos dígitos correspondientes a activos sucesivos de la cadena, cifrando estos bloques creados y almacenándolos en una cadena de bloques (por ejemplo, mediante un algoritmo tipo hash, transformando datos en una serie de caracteres de longitud fija).

En el área de la cadena de bloques, como método criptográfico de seguridad en transportación, se hallaron treinta y ocho patentes (38), desde 2016 hasta mayo de 2019 (Figura 4). Partiendo de un código abierto, el patentamiento se dirige hacia nuevas aplicaciones o ampliaciones significativas del código en versión propietario.

El principal potencial de esta herramienta informática es su característica de inviolabilidad de la información por el uso de sistemas distribuidos entre pares (p2p).

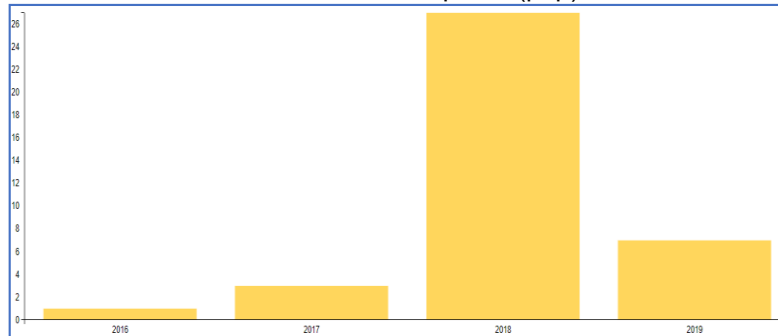


Figura 4 - Cantidad de Patentes en la temática de Blockchain aplicado a la Transportación (hasta mayo 2019)
(Fuente: Elaboración propia con datos de la base Patentinspiration)

Por último, considerar las nuevas formas de contratación logística con intervención de movilidad informática tipo “Uber” demostró algunas ventajas con respecto a los métodos logísticos tradicionales como: la precisión de la información y el rendimiento en tiempo real, la eficiencia operativa de la industria logística y los bajos costos asociados. Existen actualmente plataformas de prueba de esta tecnología, se puede mencionar como ejemplo el Uber logístico, denominado “Freight” utilizado en Texas, US, bajo control de UBER TECHNOLOGIES INC., y amparado por una legislación habilitante y reguladora de la actividad. Otros ejemplos de contratación logística directa con soporte web son Uship, Humber y Coyote.

Las patentes de esta novedosa nueva forma de negocio, y su particular modalidad de contratación, son aún escasas [5] y se basan en el modelo “ganar – ganar” eliminando la intermediación (Figura 5), sumando la posibilidad de la eliminación de ámbitos físicos para el almacenaje y gestionando espacios disponibles en modalidad multicarga.

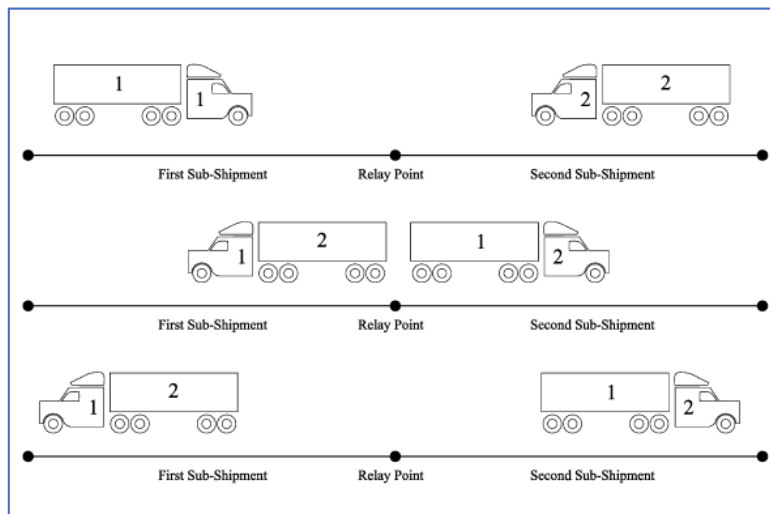


Figura 5 - Modelo de ruteo y control de cargas optimizado- Uber Freight
(Fuente: Patente WO2018136179 (A1) - Fig. 8. [4.3])

La búsqueda bibliográfica, acompañada de la realización de cursos específicos en las áreas de: huella de carbono (“Huella y contrahuella de carbono”, Universidad Politécnica de Madrid, España) y blockchain (“La disrupción del blockchain”, Universidad Austral, Argentina, y “Blockchain: Understanding Its Uses and Implications”, The Linux Foundation), dieron respaldo a la vigencia, oportunidad y empuje de la logística como área de interés para la aplicación de estos conceptos.

Con la información recorrida disponible, sumada a la posibilidad de utilizar software de código abierto se elaboró un plan de acción y se iniciaron tareas tendientes a alcanzar los siguientes objetivos:

- 2019.- Producir una ayuda para la toma de decisión sustentable del ingeniero en empaque, a través de la elaboración de un paquete informático ejecutable de manera abierta y gratuita en un entorno de desarrollo integrado (IDE) disponible (elegido: “R”), que ofrezca un conjunto de soluciones de distribución óptimas al problema logístico de paletizado y distribución, bajo

diferentes condiciones de contorno, acompañadas de una medida (indicador) del impacto ambiental por huella de carbono.

- 2020.- Determinar las variables de interés (desagregadas desde las categorías: elementos, funciones, contexto de aplicación, alcance, riesgos y oportunidades), sobre un conjunto reducido de aplicativos informáticos en desarrollo y en uso (unidades de análisis) correspondientes al campo de cadenas de bloques y Uber logísticos sintetizando el recorrido realizado mediante una matriz tipo FODA tecnológico-logística para nuestro contexto regional [6].

Se espera que otros investigadores a través de esta divulgación se sumen al esfuerzo de lograr una logística sustentable y regionalmente sostenible. En el próximo apartado se esbozan algunos detalles del camino iniciado para el logro de los objetivos señalados.

3. EL SOFTWARE LIBRE COMO SOPORTE A LA ACTIVIDAD LOGÍSTICA

El cálculo de huella de carbono se encuentra muy extendido e informatizado por medio de diversas calculadoras web personales y asociadas a actividades específicas; existen además bases de datos con indicadores de daño ambiental por categoría de vehículo/transporte, y por actividad/producto (TCF: transport carbon footprint y PCF: product carbon footprint). En la actualidad el transporte aporta entre el 10 y el 20% de los gases efecto invernadero y la cuarta parte de este impacto es generada por el transporte automotor de cargas [7], motivando estos datos el enfoque de nuestra investigación. Reportes desagregados basados en datos suministrados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) correspondientes a veintiséis países de América Latina y el Caribe, incluyen diversos indicadores (generales, carreteras, ferrocarriles, aéreo, acuático, actividades logísticas), produciendo información denominada “perfil del país en transporte de carga”, disponible web en forma abierta y gratuita [8]. Con los recursos mencionados hasta el momento, se extraen parámetros de interés para los objetivos planteados (en Argentina: indicador $CO_2/carga=0.08$, distancia promedio recorrida por camión=116000 km/año, y otros).

La incorporación de un indicador de huella de carbono en actividades logísticas dentro de un paquete de código libre supone tareas de reingeniería sobre los esfuerzos ya realizados hasta el momento para este fin. En este sentido se utiliza el código de paletizado creado en “R” [9] como alternativa a los programas PLMStackBuilder y Tops PRO [10], para extenderlo a prestaciones de carga y transporte siguiendo la línea de estos programas, sumando el agregado de impacto ambiental por transportación.

La elección del IDE “R” se basa no sólo en su característica de código abierto y gratuito, sino también en su capacidad para interactuar con diversos lenguajes (html, Python, C++, y otros) compilando los códigos creados con una amplia gama de formatos de salida (Word, pdf, html, html5, slides, libros, artículos científicos (con estilo LaTeX y otros), aplicaciones interactivas shiny, etc.). Las continuas aportaciones al crecimiento del entorno de desarrollo “R” posibilita el avance y perfeccionamiento del código de paletizado (versión 1) para el cumplimiento de los objetivos señalados en apartado anterior; por ejemplo: mediante el uso del paquete “raster”, se pueden incorporar distribuciones (mosaicos) a layers, así como asignar propiedades a diferentes grupos de embalajes (Figura 6), aportando avances a la visualización de la unidad de carga. La librería “sf” de “R” añade importantes herramientas para el ploteo y análisis de datos vectoriales, generando objetos espaciales jerarquizados (geometrías) aplicables al problema de distribución y organización de cargas poligonales [11].

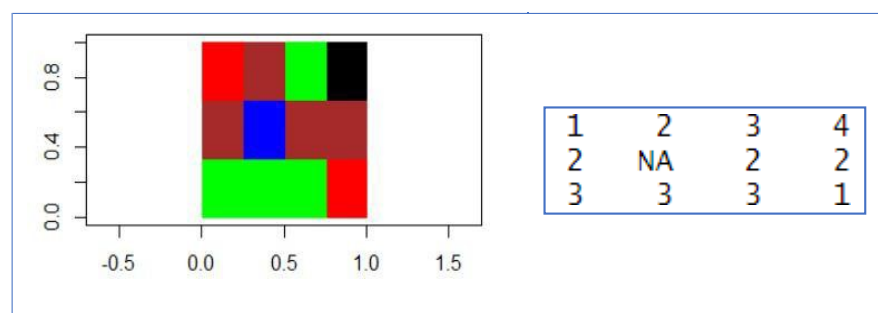


Figura 6 - Librería raster aplicada a paletizado (Fuente: Elaboración propia en R)

El análisis de los cálculos intervinientes en la formulación del indicador de huella de carbono logística se inició mediante la decodificación de herramientas informáticas disponibles en diferentes soportes y contextos. Dada la flexibilidad comentada anteriormente de la interacción del IDE “R” con múltiples plataformas y lenguajes, se realizó un proceso de análisis, reingeniería, rediseño y codificación para la obtención de una calculadora de huella de carbono interfaz usuario capaz de ser aplicada al área de la cadena de suministros.

Enumeramos algunos insumos y tareas realizadas:

- Enfoques metodológicos y tratamiento de datos correspondientes a calculadoras de huella de carbono desarrolladas por diferentes organizaciones y gobiernos:

- Calculadora de Huella de Carbono Alcance 1+2 para organizaciones 2007-2018 – V.14 (Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) – Gobierno de España /formato Excel).
- Calculadora prospectiva de cambio climático y energético (“The UK 2050 Calculator”) desarrollada por el Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido, y sus adaptaciones (bajo convenio) a diferentes países (Colombia y México / versiones Excel y html).
- Calculadoras online disponibles (Carbon Footprint Calculator desarrollo de la organización Carbontrust y Calculadora del Gobierno de Aragón)
- Pruebas de recursos disponibles en el sitio colaborativo Github para el cálculo de la huella de carbono. Se han corregido y rediseñado los códigos disponibles como primeros ensayos de ensamble html-R y Python-R.
- Desagregación de parámetros y variables de interés reservando los datos útiles para el problema logístico en contexto (transporte de carga y sus combustibles en la región Mercosur, factores de emisión (FE: “*Aquellos que convierten los datos de la actividad primaria (energía eléctrica, combustibles fósiles, etc.) en las emisiones de gases de efecto invernadero (en kg Co2equivalente)*” [12], pág. 10).
- Diseño de logos, vistas (Figura 7) y decisiones de interfaz usuario (utilizando formato de salida html a través de “R markdown”).

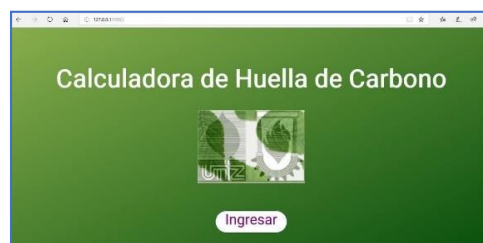


Figura 7 - Vista de la pantalla inicio del módulo-script “CO2” (Elaboración propia)

Los principales obstáculos para el desarrollo del script “CO2” han sido:

- Algunas herramientas de Python -útiles por su agilidad en su entorno de origen- entorpecen la interfaz R-Python (el framework minimalista “Flask”, por ejemplo), por lo cual se requiere de un esfuerzo adicional de programación.
- Se pretende embeber el cálculo de la distancia origen-destino logístico en el código R, mediante una interfaz visual basada en Google Maps; pero las llaves (key) a nivel “programador” para estas interfaces (API - Google) han comenzado a ser de pago, por lo cual el uso del paquete tendrá un costo bajo este formato, perdiendo la importante propiedad de gratuidad del entorno “R”.

Se decide entonces iniciar el desarrollo en paralelo de dos prototipos: uno con la posibilidad usuario de incorporar una llave API de su propiedad (a ser recordada por el programa y con aviso de fecha de caducidad/reemplazo) y otro menos elegante pero más sencillo en el cual el usuario informa el kilometraje del trayecto logístico como input del script. El código final disponible para “R”, con el informe de: diseño óptimo de paletizado, distribución de carga en transporte, y valor final de huella de carbono producida por la tarea logística, se encuentra en la etapa de diseño por bloques (Figura 8).

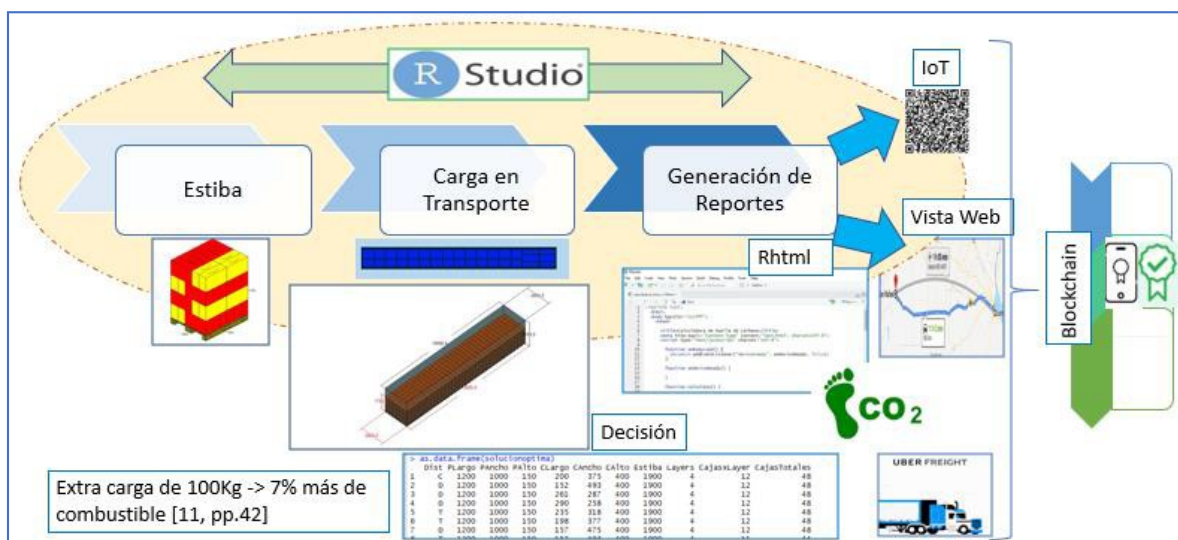


Figura 8 - Bloques de diseño para programación de Scripts en R. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, los indicadores de huella de carbono obtenidos servirán de insumo para la elaboración del inventario de emisiones de GEI (gases efecto invernadero) de la empresa, siguiendo las orientaciones de la serie ISO 14064 [13] y considerando el enfoque de control operacional con alcances 1 y 2 [14].

4. TECNOLOGÍAS BLOCKCHAIN Y UBER-LOGÍSTICO EN LA CADENA DE SUMINISTROS

La tecnología blockchain fue creada por Satoshi Nakamoto en el año 2009 como un protocolo de dinero digital basado en un sistema entre pares (p2p). Sus características de elevada seguridad criptográfica y código abierto permitieron extender su alcance a múltiples campos más allá de las conocidas criptomonedas. Usos de recursos compartidos en la nube como las ofimáticas Graphite y Google Drive, el software corporativo SAP, y la emprendedora IBM con diversos productos (entre ellos el importante IBM Food Trust), son algunos ejemplos de su aplicabilidad. La incorporación de la tecnología blockchain a la cadena logística para asegurar la no adulteración de la legitimidad de productos de elevado valor comercial y la conservación adecuada de alimentos frescos, son promovidos por diversas agrupaciones. La Organización Mundial del Comercio (OMC - WTO) impulsa una iniciativa llamada “Blockchain, Supply Chain Traceability Project” (Proyecto Blockchain de trazabilidad de la cadena de suministros) para asegurar el verdadero origen y la rigurosa trazabilidad hasta destino de los productos, incluyendo además en algunos casos, recursos adicionales de IoT para validar y certificar la calidad de los productos (ver figura 9). La OMC considera que el sistema Blockchain proporciona un intercambio seguro de datos y un repositorio a prueba de manipulaciones para documentos y eventos de envío en todos sus niveles (productivos, transportistas, aduaneros y comerciales). Este sistema podría reducir significativamente las demoras y el fraude ahorrando miles de millones de dólares anualmente, y según la OMC, reducir las barreras dentro de la cadena de suministro internacional podría aumentar el PIB mundial en casi un 5% y el volumen total de comercio en un 15% [15].



Figura 9 – Código de seguimiento logístico para mariscos Fish Trax (izq.) – IoT validando la cadena de bloques del pescado fresco (der) (Fuente: <https://fishcoin.co/#seafood-industry>)

En el área de la logística sustentable la utilización de la herramienta blockchain permite al consumidor elegir productos sostenibles y alineados al cumplimiento de los objetivos que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) plantea para la lucha contra el cambio climático proveyendo instrumentos de elevada y fiable trazabilidad, agregando el potencial de automatizar y fortalecer el monitoreo, el reporte y la verificación (MRV) del impacto ambiental de proyectos. Algunas de las soluciones blockchain para combatir el cambio climático son: el monitoreo de bosques, las transacciones de energías renovables y de bonos de carbono, entre otras [16]. Walmart, Unilever y Nestlé son algunas de las empresas que han implementado esta tecnología. En la Tabla 1 se enumeran algunas características de la tecnología Blockchain aplicada a la cadena de suministros, halladas en la revisión bibliográfica de este trabajo:

Tabla 1- Fortalezas y Debilidades básicas de Blockchain en Logística (Fuente: elaboración propia)

Fortalezas	Debilidades
Reducción en la emisión de documentos en soporte rígido (papel).	Gran cantidad de actores involucrados en el sistema.
Agilidad y fiabilidad de datos con el respaldo de un modelo matemático descentralizado.	El nivel de verificación requiere mayor número de transacciones con respecto a un modelo centralizado.
Veloz detección de cuellos de botella en la cadena de suministros.	Heterogeneidad en la incorporación de recursos adicionales de validación/registro
Trazabilidad precisa y en tiempo real de cada eslabón de la cadena de suministro.	Soportes de pago.

Escalabilidad en automatización y sincronización.	Necesidad de capacitación continua para el uso de los softwares y sus actualizaciones.
Creación de pronósticos logísticos fiables, y flexibilidad de reestructuración contractual.	Un modelo global requiere el consenso de todas las partes de la cadena, incluyendo las instancias normativas/gubernamentales.

Los recursos de Internet orientada a las cosas (IoT) aplicados a tareas de transportación permiten monitorear diferentes parámetros, realizar seguimientos y gerenciar recursos, pero están limitados en conectividad y alcance [17], y por el momento no solucionan el tiempo ocioso de circulación de camiones (superior a 65%) ni logran optimizar los tiempos de rotación y espacio en almacenes. En este contexto y en medio de la incesante expansión de aplicaciones tecnológicas surge un nuevo modelo de transportación (que llamamos “Uber-logístico”) basado en un sistema distribuido, conectando de manera directa a profesionales transportistas con las necesidades de transporte de las empresas bajo un modelo ganar-ganar, mediante una plataforma/app informática que contiene los registros y validaciones de ambas partes intervinientes, con capacidad de mensajería y contratación online. Las primeras fortalezas y debilidades que se desprenden del modelo se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 2 - Fortalezas y Debilidades básicas de “Uber-Logístico”(Fuente: elaboración propia)

Fortalezas	Debilidades
Mejora de oportunidades de transportación.	Dependencia de la conectividad en ruta.
Disminución de capacidad ociosa de carga.	Necesidad de controles exhaustivos en el otorgamiento de permisos profesionales de transporte.
Negociación directa y ágil.	Dependencia de la calidad de programación de la app y sus sucesivas actualizaciones.
Reducción de tiempo de rotación de inventario.	Conflicto de intereses de asociaciones gremiales y sindicatos.
Veloz acreditación de pagos.	Aseguramiento del estado técnico y legal de cargas.
Escasas necesidades de almacenamiento prolongado, tendiendo a la supresión de almacenes.	Heterogeneidad territorial en el marco legal que reconoce a la app como modelo de negocios.
Modelo de precios “oferta-demanda” (libre mercado)	Modelo de precios “oferta-demanda” (inestabilidades estacionales)

Si bien el funcionamiento de la herramienta Uber-logística en sus diferentes versiones (Uber Freight, Uship, Humber, Coyote, etc.) es similar al extendido sistema de pasajeros “Uber”, su complejidad legal, el grado de responsabilidad empresarial y el impacto mercantil de su uso, ralentizan la implementación global de esta herramienta tecnológica en el área de la cadena de suministros. Uniendo las capacidades de blockchain y del modelo Uber-logístico, la cadena de suministros se caracterizará por su transparencia y agilidad, beneficiando a todas las partes intervinientes.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE ACCIÓN

El recorrido de los productos a menudo es tan extenso que aporta un valor cercano al 10% del precio final y un elevado porcentual de las emisiones de CO2 del planeta [17], por ello consideramos relevante su estudio y visualización para la toma de decisiones del ingeniero. Actualmente un 53% de las empresas radicadas en Argentina no está realizando una medición de su huella de carbono, específicamente en el área logística sólo un 9% de las empresas que emitieron algún reporte de sustentabilidad durante 2018 afirman que su medición en el área de cadena de suministros y transporte puede considerarse completo, mientras que un 18% de los reportes contienen valores incompletos en esta temática [1]. Este faltante de informes y reportes puede ser considerado como una oportunidad para la aplicación de las herramientas logísticas digitales que hemos mencionado y estamos desarrollando en los campos de la sustentabilidad y el cuidado ambiental, entendiendo que las obligaciones normadas vigentes en numerosos países [18] constituyen un futuro inmediato para nuestra región.

La medición de la huella de carbono en los procesos logísticos construye un indicador trazable para la mejora, atendiendo recomendaciones como:

- Elegir vehículos que utilizan formas alternativas de energía limpia (híbridos, eléctricos).
- Determinar las dimensiones adecuadas de los vehículos (no sobredimensionar).
- Optimizar rutas.
- Realizar mantenimiento preventivo de vehículos.
- Considerar materiales ecológicos, impulsar procesos de reciclado y la gestión de residuos.
- Favorecer negocios colaborativos, multicargas y conducción responsable.

El enfoque hacia los procesos de transportación dentro de la cadena logística se sustenta en su importante e inextinguible grado de participación en ella (dado que siempre existirá la necesidad de una transportación física), el elevado impacto ambiental que suponen (aproximadamente un 4% del total de GEI [7]), y las oportunidades informáticas que surgen (Blockchain y Uber-logístico) para incluirlos dentro de una economía digital que aliente la permanencia competitiva de la empresa en el mercado.

Por último, entendemos que la incorporación de las herramientas mencionadas en este trabajo supone una importante oportunidad de vanguardismo y ventaja competitiva, además de generar una marca positiva para la imagen corporativa, pero también invita al desarrollo de *nuevos modelos logísticos* que eviten el solapado de esfuerzos (en cálculos duplicados de huella de carbono, por ejemplo), favorezcan la optimización de recursos (cargas/transporte e IoT/trazabilidad) y se orienten hacia una elevada satisfacción de mercado (Uber-logístico en tiempo y reglado), todo ello bajo el cumplimiento del doceavo objetivo ONU para el desarrollo sostenible: "Producción y Consumo responsables".

6. REFERENCIAS

- [1] Encuesta logística ITBA (2018), Disponible en: <https://www.itba.edu.ar/intranet/ols/wp-content/uploads/sites/4/2019/05/2018-Encuesta-Logistica-Sustentable-en-Argentina.pdf>
- [2] Tapscott D., Tapscott A. (2017). *La revolución blockchain: Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Publicaciones Deusto - Grupo Planeta. E-book
- [3] Roig, C. (2017). "Industria 4.0: la cuarta (re) evolución industrial". *Harvard Deusto Business Review*, N. 266, pp. 64-70, ISSN 0210-900X. Disponible en: <http://www.ivlogistica.com/es/wp-content/uploads/2017/06/64-71-carlos-roig-industria-4c.pdf>
- [4] San Juan, Y.I., Romero Rodríguez F.I. (2016). "Modelos y Herramientas para la Vigilancia Tecnológica". *Revista Ciencias de la Información*, Vol. 47, N°2, pp. 11-18.
- [5] Patentes
 1. WO2018006267 (A1) 2018-01-11, TONG KA MAN [CN] (+2), SHENZHEN STARPOST SUPPLY CHAIN MAN CO LTD [CN]
 2. US2018339711 (A1) 2018-11-29, BURNETTE DONALD [US], UBER TECHNOLOGIES INC [US]
 3. WO2018136179 (A1) 2018-07-26, BERDINIS ERIC [US] STAUFFER JOHN [US] (+1), UBER TECHNOLOGIES INC [US]
 4. US2013150078 (A1) 2013-06-13, FURUTA SEIICHI [JP], DENSO CORP [JP].
- [6] Ponce H. (2007). "La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales". *Revista Contribuciones a la Economía Vol. 12 N°1, pp. 113-130, enero-junio 2007*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>, <http://www.eumed.net/ce/2006/hpt-FODA.htm>
- [7] Gutiérrez García, C.(2018). "Huella de Carbono y transporte de mercaderías", *Asociación Intermodal de América del Sur – AIMAS*, en *Énfasis Logística (digital)* 09/07/18, Disponible: <http://www.logisticasud.enfasis.com/notas/81105-huella-carbono-y-transporte-mercaderias>
- [8] BID (2012). *Portal Logístico – Perfiles por país*. Base interactiva de datos del Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <http://logisticsportal.iadb.org/countryprofiles>
- [9] No, I. (2019) "Paletizado en R versión 1" – Software registrado en guarda No, Irma N. (Ex-2019-00832039-APN-DNDA#MJ / 2019-00949241)
- [10] No, I. Redchuk A. (2018) "Análisis de programas de paletizado y desarrollo de un código para la toma de decisiones de unidades de carga en R" . *Memorias COINI 2018 – XIº Congreso de Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina. pp. 419-429*. Disponible en: <http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/3501>
- [11] Mas, J-F. (2013). *Análisis Espacial con R: Usa R como un Sistema de Información Geográfica*. 1ºEd., European Scientific Institut (ESI), Kocani, República de Macedonia. Disponible en: <http://eujournal.org/files/journals/1/books/JeanFrancoisMas.pdf>
- [12] Dirección Provincial de Bioeconomía y Desarrollo Rural, Dirección de Sustentabilidad, Ambiente y Cambio Climático (2017). *Plan de Bioeconomía, Agricultura sustentable + Industrialización inteligente: Cálculo Huella de Carbono Institucional*. Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.gba.gob.ar/static/agroindustria/docs/direccion-de-sustentabilidad-medio-ambiente-y-cambio-climatico/InformeHuellaCarbonoInstitucional-MAIBA2017.pdf>
- [13] ISO 14064 (1 y 2) (2006). *Gases de efecto invernadero*. Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero. Disponibles en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es> <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-2:ed-1:v1:es>

- [14] OSE (2010). *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte por carretera*. Observatorio de Sostenibilidad de España (OS). Disponible en: http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/06/manual_huella-carbono_transporte.pdf
- [15] IBM Blockchain (2019). "Blockchain with Supply Chain". *Blockchain understanding its uses and implications*. Linux Foundation (2019), plataforma Edx. Disponible en: <https://courses.edx.org/courses/course-v1:LinuxFoundationX+LFS170x+2T2018/course/>
- [16] Paris, A. G. (2018) "Blockchain y el cambio climático", transcripto por Federico Ast, para el curso *La Disrupción del Blockchain*, Universidad Austral, 2019. Disponible en: <https://medium.com/astec/el-blockchain-en-la-lucha-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico-59c228e3250f>
- [17] Breccia, H. (2019) "Un Tetris infinito". *Revista Énfasis Logística*. Edición junio 2019, pp.82-87.
- [18] Real Decreto 163/2014, España (2014), *Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/03/14/163>

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Andrés Redchuk por su dirección en la investigación y en su persona a toda la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Un estudio comparativo de algoritmos metaheurísticos sobre instancias reales de problemas de recolección de RSU

Fermani, Matías (1º Autor); Rossit, Diego Gabriel (2º Autor); Toncovich, Adrián Andrés (3º Autor)*

(1º Autor) *Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. mati.ferma@gmail.com.*

(2º Autor) *INMABB, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. diego.rossit@uns.edu.ar.*

(3º Autor) **Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. atoncovi@uns.edu.ar.*

RESUMEN.

La gestión de la recolección de Residuos Sólidos Urbanos es una tarea compleja que deben enfrentar los gobiernos locales, consumiendo gran parte de su presupuesto. La utilización de herramientas computacionales que sirvan de apoyo a la toma de decisiones puede contribuir a mejorar la eficiencia del sistema y disminuir los costos asociados. En el presente trabajo se propone la evaluación de distintas herramientas informáticas exactas y metaheurísticas sobre casos reales de la ciudad de Bahía Blanca. Particularmente, se propone la utilización de CPLEX para resolver un problema de programación matemática y su comparación con algoritmos metaheurísticos basados en las técnicas de *Simulated Annealing* y *Large Neighborhood Search*. Los resultados muestran que CPLEX encuentra limitaciones para resolver los escenarios más grandes. Por otro lado, las herramientas heurísticas propuestas son competitivas, obteniendo valores cercanos a los métodos exactos con tiempos de cómputo mucho menores. Las herramientas heurísticas también son validadas con respecto a conocidos *benchmarks* de la literatura.

Palabras Claves: *Capacitated Vehicle Routing Problem*, Optimización, Algoritmos Metaheurísticos, *Simulated Annealing*, *Large Neighborhood Search*.

ABSTRACT.

The management of the Municipal Solid Waste collection is a complex task that local governments must face, consuming a large part of their budget. The use of computational tools that support decision-making can contribute to improve the efficiency of the system and reduce the associated costs. This paper proposes the evaluation of different exact and metaheuristic tools on real-world scenarios in the city of Bahía Blanca. In particular, the use of CPLEX is proposed to solve a mathematical programming problem and it is compared with two metaheuristic algorithms based on *Simulated Annealing* and *Large Neighborhood Search* techniques. The results show that the exact tool face limitations to solve the larger scenarios. On the other hand, the proposed heuristic tools are competitive, obtaining values that are close to the exact solution in much smaller computing times. The heuristic tools are also validated with respect to well-known benchmarks of the literature.

1. INTRODUCCIÓN.

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es una consecuencia inalienable del desarrollo de las sociedades modernas. Sin embargo, el manejo incorrecto de la creciente cantidad de residuos puede generar problemáticas no sólo ambientales, pero también sociales, como el problema de los recolectores informales [1] y económicos, como los costos de remoción luego de una mala disposición inicial que podrían haberse evitado. Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones, como la que se presenta en el presente trabajo, son una estrategia válida para mitigar los efectos nocivos que pueden provenir de una mala gestión de los RSU y disminuir los costos que generan para los municipios, que son los principales encargados de la gestión [2].

Las etapas en la cadena logística inversa de los RSU son diversas. Según [3] ellas pueden clasificarse en generación de residuos; manejo, separación, acumulación y procesamiento de residuos en origen; prosiguiendo la recolección; transferencia y transporte; separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos; y disposición final. El presente trabajo se enfoca en la segunda etapa de recolección; transferencia y transporte para casos de estudio del área de Bahía Blanca. El sistema actual de recolección de la ciudad de Bahía Blanca consiste en una recolección puerta a puerta sin ninguna clasificación de residuos en origen.

En trabajos previos ([4], [5]) se avanzó con una propuesta de un sistema de contenedorizado en la ciudad que permitiera, por un lado simplificar la logística de recolección debido a la disminución de puntos a visitar en las rutas de recolección [6], y a su vez permitir una clasificación en origen de los residuos. Particularmente, en dichos trabajos se evaluaron la optimización de la disposición de contenedores en algunos barrios de la ciudad de Bahía Blanca y propuestas iniciales para gestionar la logística del transporte donde se encontraron obstáculos para la resolución de los escenarios mediante algoritmos exactos. Debido a esto algunas regiones debieron particionarse en subregiones para disminuir el tamaño del problema.

El objetivo de este trabajo es avanzar en diseño las rutas de recolección. Para superar los obstáculos encontrados previamente, se trabajó con dos metodologías. Por una parte, se incorporaron inequaciones válidas en la formulación matemática para mejorar el desempeño de la resolución exacta. Por otra parte, se propusieron dos herramientas heurísticas abordar el problema, una basada en el recocido simulado (*Simulated Annealing*, SA) adaptada de los trabajos [7] y [8], y otra basada en la técnica *Large Neighborhood Search* desarrollada por [9]. Se espera que estas técnicas permiten abordar los escenarios reales planteados en los trabajos previos. Para validar las heurísticas se realizan pruebas sobre un conocido conjunto de instancias de la literatura.

1.1. Revisión bibliográfica.

La recolección de RSU en contenedores constituye un caso de aplicación del problema VRP (*Vehicle Routing Problem*). En términos generales, este tipo de problemas consiste en determinar la ruta de mínima distancia que recorra un determinado conjunto de puntos. Su complejidad radica en la gran cantidad de variables de naturaleza entera que contienen, creando así una región factible difícil de evaluar en tiempos razonables, siendo considerados en la literatura como problemas NP-hard [10]. En el caso de estudio que se desarrollará en este trabajo, se presenta un problema VRP en el que se incluye una restricción de capacidad para cada vehículo, conocido como *Capacitated VRP* (CVRP).

El problema de recolección de RSU ha sido abordado por numerosos autores con diversas técnicas, tanto por medio de métodos heurísticos como exactos. En [11] y [12] se desarrollan extensas revisiones sobre estos trabajos. En el caso de Argentina pueden encontrarse algunos trabajos sobre aplicaciones de modelos VRP para resolver el problema de diseño de rutas de recolección. Por ejemplo, en [13] y [14] se implementan modelos de programación matemática para planificar las rutas de recolección de contenedores de residuos en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires. Por otro lado, en [6] se trabaja optimizando las rutas en esta zona teniendo como objetivos minimizar las distancias de recorrido simultáneamente a la minimización del desgaste de los vehículos. En la ciudad de Concordia, [15] presenta una aplicación para diseñar las rutas de recolección de la ciudad haciendo un esfuerzo por minimizar la cantidad de giros para facilitar la implementación de las rutas por las autoridades. Por otra parte, [16] exhibe un algoritmo para resolver la zonificación de la ciudad de San Miguel de Tucumán a los efectos de optimizar el uso de recursos, reasignando camiones hacia la zona céntrica de la ciudad. En [17] y [18] mediante modelos de programación entera se planifica la recolección de residuos reciclables en la ciudad de Morón. En [19] se presenta un enfoque integral que determina la localización de los contenedores, así como el diseño de la ruta que efectúa la recolección de su contenido en instancias simuladas de Bahía Blanca. En la misma ciudad, [20] y [21] exponen modelos de ruteo de vehículos con balanceo de distancias entre las distintas rutas para diseñar los recorridos de los recolectores informales de residuos reciclables.

2. MÉTODOS DE RESOLUCIÓN UTILIZADOS.

El problema del tipo CVRP aquí estudiado puede formalizarse a través del siguiente modelo de programación matemática.

Definición de variables:

- K: conjunto finito de viajes a realizar por el camión.
- i ∈ I: nodos que hacen referencia a los contenedores.
- c: capacidad del vehículo.
- m: cantidad de puntos a visitar (excluido el origen ubicado en Av. Parchappe).
- f_i: volumen de residuos secos a recolectar en nodo i.
- d_{ij}: distancia a recorrer del nodo i hasta j.
- x^k: variable binaria, 1 si el camión durante el viaje k circula desde i a j, 0 en el otro caso.
- u_i: variable auxiliar continua para la eliminación de *subtours*.

$$\min \sum_{\substack{ij \in I \\ k \in K}} x^k \cdot d \tag{1}$$

Sujeto a:

$$\sum_{ij \in I} x^k \cdot f \leq c, \forall k \in K \tag{2}$$

$$x_{ij}^k \leq 1, \forall k \in K \tag{3}$$

$$\sum_{j \in I} x^k \geq 1, \forall k \in K \tag{4}$$

$$\sum_{i \in I} x^k = 1, \forall i \neq 1 \tag{5}$$

$$\sum_{\substack{j \in I \\ k \in K}} x^k = 1, \forall j \neq 1 \tag{6}$$

$$\sum_{i \in I} x^k - \sum_{i \in I} x^k = 0, \forall k \in K, \forall j \in I \tag{7}$$

$$u - u + m \cdot x^k \leq m - 1, \forall k \in K, \forall i, j \neq 1 \in I \tag{8}$$

$$x^k \in \{0,1\}, \forall k \in K, \forall i, j \in I \tag{9}$$

$$u_i \geq 0, \forall i \in I \tag{10}$$

El objetivo planteado consiste en minimizar la distancia total recorrida durante la recolección de los residuos secos y húmedos, tal como lo muestra la Ecuación (1). Por su parte, las restricciones impuestas al modelo se presentan desde la Ecuación (2) hasta la (10).

La Ecuación (2) garantiza que la capacidad del vehículo, en cada viaje, no sea superada. Las Ecuaciones (3) y (4) aseguran que el inicio y el fin de cada viaje tenga lugar en las instalaciones de Bahía Ambiental SAPEM, ubicadas sobre Av. Parchappe N°782. Las Ecuaciones (5) y (6) garantizan que cada punto donde se ubican los contenedores, excepto aquel que oficia de inicio y fin de cada recorrido, sea visitado una única vez. La Ecuación (7) refiere a la conservación del flujo en el recorrido mientras que la Ecuación (8) impide la formación de *subtours*. La Ecuación (9) establece la naturaleza binaria de las variables x^k. Por su parte, la Ecuación (10) expresa la naturaleza positiva de la variable u_i.

Luego de pruebas preliminares, al modelo presentado en las Ecuaciones (1)-(10), que fue utilizado en [5], se le adicionaron las expresiones válidas dadas por las Ecuaciones (11) y (12), las cuales han sido frecuentemente utilizadas en la literatura de VRP ([22], [23]). Esto permitió disminuir los tiempos requeridos para obtener las soluciones factibles o, en algunas ejecuciones, obtener el

óptimo.

$$\sum_{i \in I} x^k \geq \sum_{i \in I} f_i, \forall k \in K, \forall j \in I \quad (11)$$

$$x^k + x^j = 1, \forall k \in K, \forall i, j \in I \quad (12)$$

La Ecuación (11) fija el mínimo número de viajes necesarios para satisfacer la demanda. La Ecuación (12) establece que, si un arco es atravesado en un sentido por un vehículo, este no debe ser atravesado en sentido contrario. La formulación matemática fue implementada y resuelta mediante el software CPLEX.

2.1 Metaheurísticas utilizadas.

En cuanto a las metaheurísticas propuestas, se utilizaron dos procedimientos distintos. El primero es un algoritmo que responde a una estrategia de recocido simulado (SA, *Simulated Annealing* en inglés) y fue adaptada de los trabajos [7] y [8]. SA es un método basado en la búsqueda local que se desarrolló a partir de una analogía con el fenómeno físico de recocido [24] para resolver problemas complejos de optimización. Los métodos de búsqueda local buscan la solución con un mejor valor del criterio elegido en el entorno de la solución actual, la aceptan como la solución actual y repiten este procedimiento hasta que no resulte posible mejorar la solución en el entorno explorado. Mediante la aplicación sistemática de este procedimiento se obtiene, en general, un óptimo local para el problema. Para evitar quedar atrapado en un óptimo local, se debe incorporar un mecanismo de diversificación con el fin de explorar adecuadamente el espacio de soluciones. En la metaheurística de recocido simulado, la estrategia de diversificación permite movimientos, con cierta probabilidad, hacia soluciones que empeoran el valor actual de la función objetivo.

Para obtener una buena aproximación a la solución óptima del problema durante el proceso de búsqueda, resulta necesario reiniciar la búsqueda regularmente desde una de las soluciones aceptadas durante el proceso de búsqueda seleccionada al azar. El algoritmo SA incorpora los parámetros clásicos del recocido simulado. Seguidamente se indican los parámetros y variables correspondientes al algoritmo SA implementado:

- t: Iteración actual. S_0 : Solución inicial. S_A : Solución actual.
- S_C : Solución candidata.
- $V(S)$: Entorno de la solución S, dado por el conjunto de soluciones que pueden obtenerse a partir de S mediante un movimiento o perturbación elemental.
- T: Parámetro de control, que simula la temperatura en el proceso metalúrgico del recocido), valor positivo que varía desde un valor inicial mayor, T_0 , a otro que es menor, T_f , durante la ejecución del algoritmo.
- N_T : Número de iteraciones realizadas por el algoritmo para cierto valor de T.
- α : Función en T, $\alpha = \alpha(T)$, que determina la variación de T. En general $\alpha(T) = \alpha T$, en la práctica $\alpha \in [0,8;0,99]$.
- N_{cont} : Número de iteraciones sin mejora en la iteración t.
- N_{stop} : Número máximo de iteraciones permitidas sin mejora.

Se aplica el siguiente pseudo-código para determinar una solución potencialmente óptima.

i. Inicio

- Se utiliza un procedimiento constructivo aleatorizado para generar una solución inicial, S_0 .
- Se evalúa la función objetivo, $FO(S_0)$, empleando la Ecuación (1).
- S_0 se adopta como solución actual S_A , $N_{cont} = t = 0$, $T = T_0$.

ii. Iteración t

- Se genera aleatoriamente una solución candidata en el entorno de S_A , $S_C \in V(S_A)$.
- Se evalúa $FO(S_C)$.
- Se calcula $\Delta FO = FO(S_C) - FO(S_A)$.
- Si $\Delta FO \leq 0$, la nueva solución es aceptada: $S_A \leftarrow S_C$, $N_{cont} = 0$.
- En otro caso, S_C es aceptada con la siguiente probabilidad $PA = e^{-\Delta FO / T}$.

Se genera un número aleatorio ξ uniformemente distribuido en el intervalo $[0;1]$:

$$\begin{cases} \text{si } \xi \leq PA, S_A \leftarrow S_C, N_{\text{cont}} = 0, \\ \text{si } \xi > PA, S_A \leftarrow S, N_{\text{cont}} = N_{\text{cont}} + 1. \end{cases}$$

$t \leftarrow t + 1$: Si t es un múltiplo de N_T , entonces $T = \alpha T$, en otro caso el valor de T se mantiene. Si $N_{\text{cont}} = N_{\text{stop}}$ o $T < T_f$, se detiene la ejecución, en otro caso se continúa la ejecución.

El funcionamiento de la heurística está constituido por dos etapas principales. La primera, es la construcción de una solución inicial que se forma insertando clientes en las rutas disponibles de acuerdo con el objetivo a minimizar (operador *Sol-Inicial*). Luego, se realiza una mejora mediante el operador *Local-Search* que aplica cuatro técnicas de búsqueda local. Las primeras tres son conocidas como *Exchange* (se intercambian dos clientes), *1-OPT* (se extrae un cliente de una ruta y reinserta en otra) y *2-OPT* (se intercambian dos segmentos de rutas). Estos operadores se encuentran detallados en [28]. El cuarto operador de búsqueda local es *Vehicle-Exchange*. Este operador intenta intercambiar los vehículos asignados a dos rutas, por lo cual es útil cuando se trabaja con flota heterogénea.

La segunda etapa es donde se intenta un mejoramiento de la solución inicial. Se aplica, el operador *Destroy-And-Rebuild* que altera de manera considerable la solución actual para explorar otra región del espacio de búsqueda y así poder escapar de óptimos locales. Particularmente, se extraen tramos extensos de rutas de la solución actual y los clientes extraídos vuelven a reinsertarse en aquellas posiciones que minimicen la función objetivo (*Cost*). Una solución es aceptada si tiene un mejor costo que la mejor solución hallada hasta el momento o, en caso de que una solución no tenga mejor costo que la solución anterior, puede incluso ser aceptada con una probabilidad *p-value*. Este proceso se repite cíclicamente hasta el límite temporal impuesto por el usuario.

```

1: procedure LNS(input)           ▷ Como input se ingresa la información
   correspondiente a los clientes, vehículos y lugares de descarga (depots)
2:    $S \leftarrow SolInicial()$ 
3:    $S' \leftarrow LocalSearch(S)$ 
4:    $BestS \leftarrow S'$ 
5:   repeat
6:      $S' \leftarrow DestroyAndRebuild(S')$ 
7:      $S' \leftarrow LocalSearch(S')$ 
8:     if ( $Cost(S') \leq Cost(BestS)$ ) then
9:        $BestS \leftarrow S'$ 
10:    else
11:       $p \leftarrow Random(0, 1)$ 
12:      if ( $p \leq pvalue$ ) then
13:         $S' \leftarrow BestS$ 
14:      end if
15:    end if
16:  until  $Time\ elapsed > Time\ limit$ 
17:  return  $BestS$ 
18: end procedure

```

Figura 1 Algoritmo ALNS implementado en [9]. Fuente de la imagen: [27].

La otra metaheurística utilizada es la desarrollada por Erdoğan [9]. Este algoritmo fue adaptado a partir de la heurística conocida como Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) desarrollada por Pisinger y Ropke [25] que extiende la heurística original de Shaw [26]. Una explicación simplificada de su funcionamiento y pseudo-código (Figura 1) puede consultarse en [27].

3.RESULTADOS.

Los resultados consistieron en la resolución de cuatro escenarios reales de la logística de recolección de RSU de Bahía Blanca construidos en los trabajos de [4] y [5]. Asimismo, la experimentación correspondiente a los enfoques metaheurísticos fue ampliada con la resolución de dos conocidos *benchmarks* de la literatura.

3.1 Pruebas realizadas sobre escenarios reales.

Los escenarios planteados en [4] y [5] constituyen casos reales diseñados en función del problema de RSU existente en la ciudad de Bahía Blanca.

Se estudian dos planificaciones distintas para la disposición de los contenedores, considerando la recolección de ambas fracciones de residuos: tanto los secos como los húmedos. Dichas planificaciones contemplan la opción de separar los contenedores en residuos húmedos y secos a la vez que consideran la opción de utilizar diferentes frecuencias de recolección. Las planificaciones difieren fundamentalmente en cuanto a la frecuencia con la cual se plantea recolectar los residuos secos, conformando de esta manera los siguientes cuatro escenarios:

Escenario 1:

- Frecuencia de recolección [veces/semana]: 6.
- Tipo de residuo a recolectar: húmedo.

Escenario 2:

- Frecuencia de recolección [veces/semana]: 4.
- Tipo de residuo a recolectar: seco.

Escenario 3:

- Frecuencia de recolección [veces/semana]: 6.
- Tipo de residuo a recolectar: húmedo.

Escenario 4:

- Frecuencia de recolección [veces/semana]: 3.
- Tipo de residuo a recolectar: seco.

Resulta necesario aclarar que las diferencias indicadas entre los distintos escenarios repercuten esencialmente en la cantidad de contenedores que se utilizarán, sin embargo, la explicación de este hecho no forma parte de los objetivos planteados para este trabajo.

La resolución exacta se implementó mediante el software CPLEX versión 12.6.0.0 en un entorno de GAMS, utilizando la versión de paralelismo oportunista de dicho software. Las ejecuciones fueron realizadas en un computador personal con un procesador Intel Core i7-4790 @ 3,60GHz con 32 GB de memoria RAM con sistema operativo Windows 10. Se fijó un límite de tiempo para cada ejecución de 15 000 segundos.

El algoritmo de *Simulated Annealing* fue programado mediante la interfaz de Visual Basic for Applications (VBA) de MExcel y se ejecutó en una PC con procesador i7-260M CPU @ 2,7GHz y 8,00 GB de memoria RAM con un sistema de operativo de 64 bits. En tanto que para la resolución de los escenarios mediante ALNS fue utilizado el mismo ordenador que para la resolución exacta descripto previamente.

Los resultados obtenidos se exponen a continuación en las Tablas 1 y 2. En la primera se puede evaluar la distancia obtenida para cada escenario, como así también sus respectivos errores (GAP), y en la segunda tabla se ven reflejados los tiempos insumidos, expresados en segundos, para llegar a la solución, al igual que la cantidad de iteraciones realizadas.

Tabla 1 *Resultados de la resolución de los escenarios reales.*

Instancia	Planteo exacto		SA		ALNS	
	Dist. óptima	Nº de rutas óptimo	Dist. SA	GAP*	Dist. ALNS	GAP*
Escenario 1	22613,9	3	23317,14	0,031096	23268,51	0,028946
Escenario 2	41533,28**	8	44156,44	0,063158	44194,28	0,064069
Escenario 3	27150	3	27829,61	0,025032	27728,61	0,021312
Escenario 4	62800,63**	12	66281,93	0,055434	65944,34	0,050059

*El GAP fue calculado como la diferencia entre los valores del planteo exacto y el heurístico dividida por el valor del planteo exacto.

**Debido a que no se encontró la solución óptima para estos escenarios, los valores corresponden al mejor valor posible estimado por CPLEX (*Upper Bound*).

Tabla 2 *Esfuerzo computacional requerido para la resolución de los escenarios reales.*

Instancia	CPLEX		SA		ALNS	
	Tiempo	Iteraciones	Tiempo (s)	Iteraciones	Tiempo (s)	Iteraciones
Escenario 1	1871,08	2506415	1223,55	10090887	1260	2798
Escenario 2	15000,00	12309162	1226,28	9429109	1260	4979
Escenario 3	4344,25	13475167	1411,52	10053621	1440	2110
Escenario 4	15000,00	5495456	1053,68	8910059	1440	3930

3.2. Pruebas realizadas sobre *benchmarks* de la literatura.

Para la validación de los resultados de las metaheurísticas fueron utilizados dos conjuntos de *benchmarks* ampliamente utilizados en la literatura, el *benchmark* propuesto en [29], denominado Conjunto E, y el *benchmark* propuesto en [30], denominado Conjunto M. Tanto las instancias como las mejores soluciones encontradas fueron descargadas del repositorio digital VRP-REP [31]. En la Tabla 3 se reflejan los rendimientos tanto de SA como de ALNS comparados contra la solución óptima conocida mediante el GAP.

A partir del análisis de los resultados se verifica que ambos procedimientos metaheurísticos resultan válidos para utilizarlos en la resolución de los problemas del tipo CVRP. A modo de evaluar su desempeño se registró la información correspondiente al tiempo, medido en segundos, que requirieron para resolver cada instancia, junto con el número de iteraciones que se realizaron (Tabla 4).

3. CONCLUSIONES.

Encontrar nuevas herramientas para volver más eficiente la logística de residuos sólidos urbanos (RSU) constituye una inquietud acuciante en las sociedades actuales. Este trabajo está centrado en la resolución de problemas de recolección de residuos para el área de Bahía Blanca. Particularmente se aborda una problemática encontrada en trabajos previos donde la resolución exacta de problemas de recolección de residuos resultaba ineficiente, debido a que se requería la partición de los escenarios en porciones más pequeñas para lograr la convergencia a una solución factible aceptable.

Por ello, en este trabajo se presenta un estudio comparativo de tres métodos de resolución para el problema de la recolección de RSU en Bahía Blanca. Se aplican métodos de resolución exactos y heurísticos. La resolución exacta está basada en una formulación de programación matemática del modelo CVRP extendido con la incorporación de inecuaciones válidas que se implementa computacionalmente mediante el software CPLEX. Por otro lado, en lo que concierne a la resolución metaheurística se utilizan dos algoritmos, un algoritmo basado en el recocido simulado y otro tomado de la literatura basado en Large Neighborhood Search. Se encuentra que la resolución exacta con la incorporación de las inecuaciones válidas resulta más eficiente, pudiendo hallar una solución para todos los escenarios propuestos. Los dos métodos metaheurísticos también resuelven eficientemente las instancias, obteniendo valores cercanos a los obtenidos por CPLEX.

Tabla 3 Resultados de la experimentación realizada sobre los *benchmarks*.

Instancia	Solución óptima		SA		ALNS	
	Dist. óptima	Nº de rutas óptimo	Dist. SA	GAP*	Dist. ALNS	GAP*
<i>E n13 k4</i>	247	4	247	0	247	0
<i>E n22 k4</i>	375	4	382	0,018667	375	0
<i>E n23 k3</i>	569	3	569	0	619	0,087873
<i>E n30 k3</i>	534	3	534	0	534	0
<i>E n31 k7</i>	379	7	379	0	379	0
<i>E n33 k4</i>	835	4	837	0,002395	835	0
<i>E n51 k5</i>	521	5	521	0	521	0
<i>E n76 k7</i>	682	7	683	0,001467	692	0,014663
<i>E n76 k8</i>	735	8	739	0,005442	744	0,012245
<i>E n76 k10</i>	830	10	830	0	837	0,008434
<i>E n76 k14</i>	1021	14	1028	0,006856	1033	0,011753
<i>E n101 k8</i>	815	8	820	0,006135	827	0,014724
<i>E n101 k14</i>	1067	14	1082	0,014058	1084	0,015933
<i>M n101 k10</i>	820	10	820	0	865	0,054878
<i>M n121 k7</i>	1034	7	1035	0,000967	1068	0,032882
<i>M n151 k12</i>	1015	12	1033	0,017734	1038	0,022660
<i>M n200 k16</i>	1274	16	1324	0,039246	1394	0,094192
<i>M n200 k17</i>	1275	17	1315	0,031373	1323	0,037647

*El GAP fue calculado como la diferencia entre los valores óptimo y heurístico dividida por el valor óptimo.

Tabla 4 Esfuerzo computacional requerido para la resolución de los benchmarks.

Instancia	SA		ALNS	
	Tiempo (s)	Iteraciones	Tiempo (s)	Iteraciones
E n13 k4	16,13	105817	234	85151
E n22 k4	24,60	165570	396	40246
E n23 k3	33,24	192076	414	26617
E n30 k3	373,48	3014484	540	13926
E n31 k7	73,34	579861	558	24155
E n33 k4	565,35	3852523	594	10760
E n51 k5	885,12	6808167	918	6847
E n76 k7	1341,16	9000600	1368	5262
E n76 k8	1331,62	11631256	1368	4183
E n76 k10	1333,98	10038124	1368	2768
E n76 k14	1347,98	6602943	1368	2098
E n101 k8	1734,77	9566979	1818	2514
E n101 k14	1785,07	15644844	1818	2263
M n101 k10	1781,86	15459233	1818	2105
M n 121 k7	2141,13	19895356	2178	352
M n151 k12	2691,35	24746588	2718	1035
M n200 k16	3582,00	33640699	3600	95
M n200 k17	3582,00	30403847	3600	294

Por otro lado, se extiende la experimentación de las metaheurísticas con *benchmarks* conocidos de la literatura. Se corrobora la potencialidad de ambos algoritmos, los cuales llegaron en varias ocasiones a la solución óptima o, en su defecto, obtienen soluciones con un error relativo considerablemente reducido.

Luego del trabajo experimental realizado, se puede afirmar que la aplicación de estos algoritmos redundó en la obtención de resultados potencialmente aceptables y competentes, contando las metaheurísticas con la ventaja del menor esfuerzo de cómputo requerido para llegar a la solución. Como líneas de trabajo a futuro se tiene previsto experimentar con escenarios de mayor tamaño de la ciudad Bahía Blanca, utilizando las metaheurísticas propuestas, que fueron validadas en el presente informe. Por otro lado, se propone continuar mejorando la formulación de programación matemática, implementada a través de CPLEX, mediante la inclusión de inecuaciones válidas adicionales que permitan reducir los tiempos de resolución.

4. REFERENCIAS.

- [1] Wilson, D. C., Velis, C.; Cheeseman, C. (2006). "Role of informal sector recycling in waste management in developing countries". *Habitat International*. Vol. 30, no. 4, págs. 797-808.
- [2] Hoornweg, D.; Bhada-Tata, P. (2012). "What a waste: a global review of solid waste management". *World Bank*. Vol. 15, pág. 116. Washington DC, EUA.
- [3] Tchobanoglous, G., Kreith, F.; Williams, M. E. (2002). "Introduction". En: *Handbook of solid waste management*. G. Tchobanoglous, F. Kreith (Editores). McGraw-Hill, EUA. Segunda edición. Capítulo 1.
- [4] Herran Symonds, V. (2019). *Ubicación de contenedores diferenciados de RSU*. Tesis Final de Carrera. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- [5] Signorelli Nuñez, M. (2019). *Análisis del sistema actual de recolección de RSU en el Barrio Universitario de la ciudad de Bahía Blanca*. Tesis Final de Carrera. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- [6] Bonomo, F., Durán, G., Larumbe, F.; Marengo, J. (2012). "A method for optimizing waste collection using mathematical programming: a Buenos Aires case study". *Waste Management & Research*. Vol. 30, no. 3, págs. 311-324.
- [7] Toncovich, A., Burgos, T.; Jalif., M. (2017). "Planificación de la logística de recolección de miel en una empresa apícola". *Actas del X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Págs. 397-406.
- [8] Toncovich, A., Rossit, D. A., Frutos, M.; Rossit, D. G. (2019). "Solving a multi-objective manufacturing cell scheduling problem with the consideration of warehouses using a Simulated Annealing based procedure". *International Journal of Industrial Engineering Computations*. Vol. 10, no. 1, págs. 1-16.
- [9] Erdoğan, G. (2017). "An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems". *Computers & Operations Research*. Vol. 84, págs. 62-72.
- [10] Lenstra, J. K.; Kan, A. R. (1981). "Complexity of vehicle routing and scheduling problems". *Networks*. Vol. 11, no. 2, págs. 221-227.
- [11] Beliën, J., De Boeck, L.; Van Ackere, J. (2012). "Municipal solid waste collection and management problems: a literature review". *Transportation Science*. Vol. 48, no. 1, págs. 78-102.
- [12] Han, H.; Ponce Cueto, E. (2015). "Waste collection vehicle routing problem: literature review". *PROMET - Traffic & Transportation*. Vol. 7, no. 4, págs. 345-358.
- [13] Bonomo, F., Durán, G., Larumbe, F.; Marengo, J. (2009). "Optimización de la Recolección de Residuos en la Zona Sur de la Ciudad de Buenos Aires". *Revista de Ingeniería de Sistemas*. Vol. 23.
- [14] Larrumbe, F. (2009). *Optimización de la Recolección de Residuos en la Zona Sur de la Ciudad de Buenos Aires*. Tesis de Grado. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- [15] Bertero, F. (2015). *Optimización de recorridos en ciudades. Una aplicación al sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Concordia*. Tesina de Grado. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- [16] Bianchetti, M. L. (2015). *Algoritmos de zonificación para recolección de residuos*. Tesis de Grado. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- [17] Braier, G., Durán, G., Marengo, J.; Wesner, F. (2015). "Una aplicación del problema del cartero rural a la recolección de residuos reciclables en Argentina". *Revista de Ingeniería de Sistemas*. Vol. 29.
- [18] Braier, G., Durán, G., Marengo, J.; Wesner, F. (2017). "An integer programming approach to a real-world recyclable waste collection problem in Argentina". *Waste Management & Research*. Vol. 35, no. 5, págs. 525-533.
- [19] Rossit, D. G., Broz, D., Rossit, D. A., Frutos, M.; Tohmé, F. (2015). "Modelado de una red urbana de recolección de residuos plásticos en base a optimización multi-objetivo". *Actas de la XXVI EPIO y VIII RED-M*. Bahía Blanca, Argentina.
- [20] Cavallin, A., Vigier, H. P.; Frutos, M. (2015a). "Aplicación de un modelo CVRP-RB a un caso de logística inversa". *Actas de la XXVI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO) y VIII RED-M*. Bahía Blanca, Argentina.
- [21] Cavallin, A., Vigier, H. P.; Frutos, M. (2015b). "Logística inversa y ruteo en el sector de recolección informal de residuos sólidos urbanos". En: *Avances en Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos 2014-15*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Argentina. Págs. 37-49.
- [22] Achuthan, N. R., Caccetta, L.; Hill, S. P. (2003). "An improved branch-and-cut algorithm for the capacitated vehicle routing problem". *Transportation Science*. Vol. 37, no. 2, págs. 153-169.
- [23] Dror, M., Laporte, G.; Trudeau, P. (1994). "Vehicle routing with split deliveries". *Discrete Applied Mathematics*. Vol. 50, no. 3, págs. 239-254.
- [24] Kirkpatrick, S.; Gelatt, C. D.; Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by simulated annealing". *Science*. Vol. 220, no. 4598, págs. 671-680.

- [25] Pisinger, D.; Ropke, S. (2007). "A general heuristic for vehicle routing problems". *Computers & Operations Research*. Vol. 34, no. 8, págs. 2403-2435.
- [26] Shaw, P. (1998). "Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems". *Actas de la International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*. Springer. Berlin, Heidelberg. Págs. 417-431.
- [27] Cavallin, A., Rossit, D. G., Savoretti, A. A., Sorichetti, A. E.; Frutos, M. (2017). "Logística inversa de residuos agroquímicos en Argentina: resolución heurística y exacta". *Actas del XV Simposio en Investigación Operativa - 46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa*. Córdoba, Argentina.
- [28] Groër, C., Golden, B.; Wasil, E. (2010). "A library of local search heuristics for the vehicle routing problem". *Mathematical Programming Computation*. Vol. 2, no. 2, págs. 79-101.
- [29] Christofides, N.; Eilon, S. (1969). "An algorithm for the vehicle-dispatching problem". *Journal of the Operational Research Society*. Vol. 20, no.3, págs. 309-318.
- [30] Christofides, N., Mingozi, A.; Toth P. (1979). "The vehicle routing problem". En: *Combinatorial optimization*. N. Christofides, A. Mingozi, P. Toth, C. Sandi (Editores). John Wiley, Chichester. Capítulo 14.
- [31] Mendoza, J., Hoskins, M., Guéret, C., Pillac, V.; Vigo, D. (2014). "VRP-REP: a vehicle routing community repository". *Actas del Third meeting of the EURO Working Group on Vehicle Routing and Logistics Optimization (VeRoLog'14)*. Oslo, Noruega.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer el financiamiento recibido de la Universidad Nacional del Sur para el desarrollo de los proyectos PGI 24/J084 y PGI 24/ZJ35. Además, el primer autor de este trabajo agradece el financiamiento recibido del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) a través de una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas.

Análisis de la cadena de suministros de una PyME marplatense, en el contexto de la gestión de la innovación tecnológica

Massabie, Germán; Pietrocola, Nicolás; Nicolao García, José Ignacio; Morcela, Oscar Antonio*

**Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.*

Av. Juan B. Justo 4302, (7600) Mar del Plata. omorcela@fi.mdp.edu.ar.

RESUMEN.

El principal objetivo del trabajo fue analizar la logística de abastecimiento, almacenamiento y distribución de los almacenes para una PyME marplatense, con una estructura separada en dos cadenas comerciales independientes que manejan su logística de forma autónoma una de la otra. Se definieron métricas de almacenamiento y distribución para el diagnóstico de la estructura, gestión y procesos originales. Se trabajó con clasificación ABC de la cartera de productos, aplicando un modelo de revisión periódica de inventario con demanda incierta, una redistribución de las sucursales entre las cadenas y la generación de rutas óptimas para el abastecimiento a dichas sucursales. A estas propuestas se las encuadró en el modelo MOGIT con el fin de abordar con herramientas de gestión de la innovación tecnológica integradas en el análisis de la cadena de suministros, para mantener un nivel de mejora constante. Como resultado el stock promedio disminuyó en un 75%, la rotación de inventarios aumentó un 150%, la distancia recorrida por las rutas de distribución disminuyó en un 8% y el nivel de servicio se adecuó a la importancia relativa de cada producto según la clasificación ABC.

Palabras Claves: logística, ruteo, gestión de stock, Modelo de Gestión de la Innovación Tecnológica - MOGIT, PYME.

ABSTRACT

The main objective of the work was to analyze the supply, storage and distribution of warehouses logistics for a PyME from Mar del Plata, with two independent commercial-chains and autonomously logistics. Storage and distribution indicators were defined for diagnostic the original state of the structure, management and processes. It was established a classification of the product portfolio with the ABC technique, and then, it was applied an inventory model of periodic review for uncertain demand, a redistribution of branches between chains and the generation of optimal routes for supply to various branches. These proposals were framed in the MOGIT model in order to deal with technological innovation management tools, integrated in the supply chain analysis, to maintain a constant level of improvement. As a result, the average stock decreased by 75%, the inventory turnover increased by 150%, the distance recorded by the distribution routes decreased by 8% and the service level was adapted to the relative importance of each product according to the ABC classification.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa objeto de estudio es una PyME de origen familiar cuyo accionar se centra en dos rubros: agropecuario y venta de pinturas minorista. La venta de pinturas es una unidad de negocios que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, principalmente debido a la adquisición de empresas ya constituidas.

La organización comercializa bajo dos nombres diferentes. Ambas cadenas fueron adquiridas de manera independiente, la primera en el año 2002 y la segunda en 2011. Desde su adquisición la alta gerencia decidió unificar los procesos financieros, contables, de recursos humanos y administrativos, aunque se mantuvo la cultura de cada empresa, empleados, marca, y todo proceso logístico. Dada la complejidad del cambio que implicaba modificar las operaciones de cada cadena, la unificación de la logística se evitó en un primer momento.

Esta estanqueidad fue funcional en un principio, sin embargo, dada la alta competitividad en el sector y la existencia de procesos redundantes y/o innecesarios, se retomó la idea de abordar la unificación total.

El primer paso de este plan de unificación fue la implementación de un software de gestión integral. Seguidamente se debieron abordar los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución. Para optimizar este proceso se firmó un convenio con la Facultad de Ingeniería de la UNMDP, que posibilitó la realización de este trabajo dentro de la empresa con el fin de analizar la situación y proponer un camino para mejorar la logística.

En este contexto, la formulación de los objetivos surgió a partir de la demanda de la gerencia para optimizar los procesos logísticos que toman parte en la organización. Finalmente fueron modelados en conjunto. Se manifestó el interés de seleccionar objetivos en base a una mejora que no fuera disruptiva con la operativa diaria de la organización.

Entonces, el objetivo general del trabajo ha sido analizar la logística de abastecimiento, almacenamiento y distribución de los almacenes de una empresa de pinturerías.

Asimismo, se plantearon como objetivos específicos el análisis de la gestión original, la planificación de los requerimientos de inventario, la identificación de las actividades del proceso de entrega de productos almacenados y la aplicación del modelo MOGIT para la competitividad sistémica.

El reporte que aquí se presenta es un resumen ampliado del trabajo final de carrera que lleva por título "Mejora en la logística de abastecimiento, almacenamiento y distribución de los almacenes de una empresa de pinturería", realizado por los estudiantes Germán Massabie y Nicolás Pietrocola, siendo su Director el Esp. Ing. José Ignacio Nicolao García y Codirector el Mg. Ing. Antonio Morcela.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Logística como parte de la cadena de suministros

Según el Consejo de profesionales en administración de la cadena de suministro (CSCMP - Council of Supply Chain Management Professionals) [1], la logística es parte de los procesos de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes y servicios y la información relacionada, desde el punto de origen hasta el de consumo, con la finalidad de satisfacer los requerimientos del cliente. Por tanto, el término cadena de suministro es la extensión lógica del concepto de logística, y se puede representar como una tubería o un conducto por el que pasa un flujo eficiente y efectivo de productos, materiales, servicios, información y fondos financieros desde los proveedores del proveedor, a través de diversas organizaciones o empresas intermedias, hasta los clientes del cliente.

Puede considerarse [2], que las cinco funciones principales de la logística son el procesamiento de pedidos, que implica todos los aspectos de administrar los requerimientos del cliente; la atención de los inventarios, que son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa; la distribución, que es el área operativa de la logística que desplaza y posiciona geográficamente el inventario; el almacenamiento, que consiste en el manejo de materiales y empaquetado; y el diseño de la red de la planta, que se ocupa de determinar el número y la ubicación de todos los tipos de plantas requeridas para realizar el trabajo logístico. También es necesario determinar qué inventario y cuánto almacenar en cada planta, al igual que la asignación de los clientes.

2.2. Distribución

Debido a su alto costo y su importancia dentro de la logística [3], el transporte o distribución, es un área de particular atención. Una empresa puede satisfacer sus necesidades de transporte con una flota privada, contratando especialistas dedicados a transporte, o contratando los servicios de transportistas según el envío. Los factores fundamentales a abordar en el área son el costo, la velocidad y la regularidad. Para el caso que compete a este trabajo no se abordan los diferentes modos de transporte. Se selecciona, en cambio, un problema específico de distribución que encaja con el contexto de la empresa de estudio. Este es el problema de ruteo de vehículos considerando múltiples depósitos.

Este problema, conocido como MDVRP por sus siglas en inglés (Multi Depot Vehicle Routing Problem: problema de enrutamiento de vehículos considerando múltiples depósitos), considera un conjunto de clientes a abastecer desde varios depósitos. Cada cliente debe ser atendido por un único vehículo, el cual debe empezar y finalizar en un mismo depósito. Se conoce la información de la demanda de los clientes y la capacidad de los depósitos. Los despachos desde los depósitos no deben exceder la capacidad disponible y las rutas programadas no deben exceder la capacidad del vehículo asignado. El objetivo es encontrar un conjunto de rutas que atienda a todos los clientes con las condiciones descritas y al costo mínimo. Los costos se pueden modelizar como la distancia o el tiempo necesario para transportarse entre diferentes puntos de la red compuesta por clientes y depósitos [4].

2.3. Inventarios

El objetivo de una estrategia de inventario es alcanzar el servicio al cliente deseado con el mínimo compromiso del inventario. Los inventarios excesivos pueden compensar las deficiencias en el diseño básico de un sistema logístico, pero al final producirán un costo logístico total más alto que el normalmente necesario. El manejo del inventario implica equilibrar la disponibilidad del producto (o servicio al cliente), por una parte, con los costos de suministrar un nivel determinado de disponibilidad del producto, por la otra [2].

Los inventarios pueden clasificarse en cinco tipos [3]: los que están en desplazamiento de un punto a otro, los que se mantienen en existencias para especulación, los de naturaleza regular o cíclica, los que sirven como protección contra la variabilidad en la demanda de existencias y el tiempo total de reaprovisionamiento, y finalmente los que corresponden a existencias obsoletas, stock muerto o perdido.

La política del inventario consiste en los lineamientos acerca de qué adquirir o fabricar, cuándo efectuar acciones y en qué cantidad. También incluye las decisiones acerca del posicionamiento geográfico del inventario [2]. El manejo de inventarios se desarrolla alrededor de dos filosofías básicas, el método de demanda (pull), y el método de incremento (push) [3].

En el primer caso, el pronóstico de la demanda y de las cantidades de reaprovisionamiento se realizan tomando en consideración las condiciones locales, sin considerar el efecto que tendrán dichas cantidades en las economías del lugar de origen. Ofrecen un control preciso de los niveles de inventario y es ampliamente utilizada a nivel de minoristas.

En el método de incremento (push), la programación y el reabastecimiento están coordinados con los tamaños de los lotes de producción, las cantidades económicas de compra, o los mínimos tamaños de los pedidos. Por lo general se utiliza cuando las economías de compra o de producción a escala valen más que los beneficios de los niveles mínimos de inventarios colectivos. Las cantidades de reaprovisionamiento se asignan según proyecciones, espacio disponible o algún otro criterio.

Sin embargo, en la actualidad muchas organizaciones se han vuelto más sofisticadas en su uso de métodos de control de inventarios y los han adaptado para dar cabida a la orientación push y pull. Como consecuencia, muchos sistemas mezclan de manera eficaz dichos conceptos. Este y otros métodos proactivos de administración de inventarios predominan en las organizaciones que poseen mayor sofisticación logística [1].

Para determinar la política de inventarios son importantes tres clases generales de costos: costos de adquisición, costos de manejo y costos por falta de existencias. Estos costos están en conflicto, o en equilibrio entre sí [3].

Los costos de adquisición pueden incluir el precio del producto; el costo de procesar un pedido a través de los departamentos de contabilidad y compras; el costo de transmitir el pedido al punto de suministro; el costo de transportar el pedido cuando los cargos por transportación no están incluidos en el precio de los artículos comprados; y el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos en el punto de recepción.

Los costos de mantener inventario resultan de guardar, o mantener, artículos durante un periodo y son proporcionales a la cantidad promedio de artículos disponibles. Estos costos pueden ser considerados en cuatro clases: costos de espacio, costos de capital, costos de servicio de inventario y costos de riesgo de inventario.

Los costos de espacio son cargos hechos por el uso de volumen dentro del edificio de almacenamiento. Los costos de capital refieren al costo del dinero en conexión con el inventario. Los seguros y los impuestos también son una parte de los costos de mantener inventarios, porque su nivel depende en gran medida de la cantidad de inventario disponible. Los costos de riesgo se relacionan con el deterioro, pérdida o robo, daño u obsolescencia.

Se incurre en costos por falta de existencias cuando se coloca un pedido, pero éste no puede surtir desde el inventario actual.

2.4. Clasificación ABC de productos

El análisis ABC tiene su origen en la ley de Pareto, que separa a los “muchos triviales” de los “pocos vitales”. En términos de inventario, esto sugiere que un pequeño número de artículos, o SKU, puede ser responsable de un impacto considerable en la organización [1].

Esta técnica de clasificación asigna los artículos del inventario a uno de tres grupos conforme a su impacto relativo. Los artículos A son los más importantes, los B tienen menor importancia y los C son los menos importantes. El criterio para evaluar un artículo determinará el grupo al que se asignará. Las más comunes son: las ventas, la contribución a las ganancias, el valor del inventario, la tasa de utilización y la naturaleza de los artículos [2]. El agrupamiento de los productos similares facilita la administración de los esfuerzos para establecer estrategias concentradas en el inventario para segmentos específicos de productos [1].

Los modelos básicos [1 y 3] consideran sólo dos tipos básicos de costos: de mantenimiento de inventario y de adquisición sin incluir el precio del propio producto. Este método contribuye a una decisión óptima en la que se analizan los puntos de equilibrio de estos dos costos.

Si se enfocara sólo en el costo de mantenimiento de inventario, que varía directamente con los cambios en la cantidad del pedido, esta última sería tan pequeña como fuera posible. Si los modelos tuvieran en cuenta sólo el costo del pedido, en los pedidos grandes disminuiría el costo total de los mismos, y en los pequeños aumentaría.

Entre los métodos de básicos de control de inventarios se encuentran el pedido único, pedidos repetitivos, reabastecimiento instantáneo sin tiempo de entrega, reabastecimiento con tiempo de entrega, y reabastecimiento no instantáneo.

Estos modelos sirven de aproximación teórica al problema de la gestión de inventarios, pero no reflejan la realidad de forma precisa ya que hay ciertos parámetros que no se pueden determinar con exactitud. Como mejora, se reconoce que la demanda y el tiempo de entrega no se pueden conocer con seguridad. Por lo tanto, se debe planear para una situación en la que no haya suficientes existencias disponibles para surtir las solicitudes de los clientes. Además de las existencias regulares, se añade una cantidad de incremento de inventario denominada stock de seguridad o amortiguador, de tal forma de controlar la probabilidad que ocurran faltas de existencias. Los métodos avanzados de gestión de inventarios son una extensión de los básicos. Entre los métodos avanzados existen dos modelos importantes: modelo de punto de reorden y modelo de revisión periódica. Para el propósito de este trabajo solo el segundo se desarrollará con profundidad [3].

2.4.1. Modelo de revisión periódica con demanda incierta

Supone una mejora en la economía de los pedidos, teniendo en cuenta que en el modelo de punto de reorden es posible que cada artículo se solicite en un momento diferente. Además, no requiere un monitoreo constante de los niveles de inventario.

Los niveles de inventario son revisados de forma conjunta para varios artículos, de modo que los pedidos se realizan de forma simultánea. Para este modelo los niveles de inventario aumentan respecto del modelo anterior, pero se obtiene un ahorro en manejo de inventarios y costos administrativos reducidos.

Para este modelo se necesita conocer la distribución de la demanda con la tasa promedio y la desviación estándar de la demanda, que se supone con una distribución normal.

2.4.2. Métricas para el control de inventarios

Según Bowersox [2] los dos indicadores más importantes del desempeño de un inventario son el inventario promedio y el nivel de servicio. El mismo autor también afirma: “La meta básica (de la logística) es alcanzar una rotación máxima del inventario al mismo tiempo que se satisfagan los compromisos de servicio” (p.27). Por lo que rotación de inventarios también puede ser considerada como métrica de aplicación específica.

Los materiales, componentes, el trabajo en proceso y el producto terminado se suelen almacenar en el sistema logístico y se denominan el inventario promedio. Desde el punto de vista de las políticas de administración del inventario, deben planearse objetivos del mismo para cada planta o depósito [2].

Se define la rotación de inventario como una medida de la velocidad en la que se renueva la totalidad del inventario [2]. Niveles altos de rotación de inventario son deseados, ya que los mismos suponen un menor volumen de inventario inmovilizado, reduciendo los costos de mantener inventario [3]. En tanto se considera nivel de servicio a la probabilidad de la capacidad de cumplimiento a partir del stock disponible [3].

2.5 Gestión de la Innovación Tecnológica

En la década de los 70/80, la realidad puso de manifiesto la importancia de la incorporación de la tecnología para la supervivencia y éxito empresarial, ya que condicionaba la calidad y el costo de sus productos, y determinaba su competitividad presente y futura, las cuotas de mercado y los resultados financieros. Nacía así la gestión de la innovación, que incluye la gestión de la I+D (investigación y desarrollo), pero sumándole otros aspectos como el lanzamiento de los nuevos

productos, la aplicación de nuevos procesos o el estudio de las razones de su éxito o fracaso, que no figuran normalmente en la agenda de la gestión de la I+D [5].

También en los ochenta se comenzó a hablar de la Gestión de la tecnología y su inclusión en la estrategia de la empresa, con el objetivo a través de su aplicación de mantener y mejorar la posición competitiva de la empresa, precisamente, mediante la utilización de la tecnología.

La Gestión de la tecnología presenta muchos puntos de contacto con la Gestión de la innovación y a menudo ambas expresiones se utilizan indistintamente, ya que sus fronteras no están perfectamente delimitadas. Muchas veces se habla también de la Gestión de la Innovación y la Tecnología o Gestión de la Innovación Tecnológica (GIT).

Según Dankbaar [6], la gestión de la tecnología comprende todas las actividades de gestión referentes a la identificación y obtención de tecnologías, la investigación, el desarrollo y la adaptación de las nuevas tecnologías en la empresa, y también la explotación de las tecnologías para la producción de bienes y servicios.

En síntesis, se puede considerar que “Gestión de la Tecnología”, “Gestión de la Innovación”, y “Gestión de la Innovación y la Tecnología”, son sinónimos de “Gestión de la Innovación Tecnológica – GIT”.

2.5.1 Modelo de Gestión de la Innovación Tecnológica (MOGIT)

Existen innumerables modelos para gestionar la innovación tecnológica, y según la Fundación COTEC: “Toda empresa tiene que ser capaz de desarrollar su propio modelo de GIT, de acuerdo a sus necesidades, normalmente relacionadas con su sector o su tamaño, pero, sobre todo, con su propia estrategia y visión de futuro” [7].

El modelo MOGIT desarrollado por el observatorio tecnológico OTEC [8], toma como referencia el modelo desarrollado por COTEC [7] y se basa en la interrelación de los 5 elementos clave que son VIGILAR (vigilar las señales del entorno), FOCALIZAR (desarrollo de una respuesta estratégica), CAPACITARSE (adquirir el conocimiento organizacional necesario), IMPLANTAR (implementar la solución) y APRENDER (reflexión sobre los elementos previos y revisar las experiencias de éxitos o fracasos).

El desarrollo de las funciones mencionadas requiere de la aplicación de un conjunto de herramientas que necesitan ser adaptadas a la cultura de la empresa.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de casos, se basó en la investigación cuantitativa, que se fundamenta en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la observación, siendo necesario obtener una muestra como objeto de estudio [9].

Las fuentes primarias contienen información original no abreviada ni traducida, llamadas también fuentes de información de primera mano. Proveen un testimonio o evidencia directa sobre el tema de investigación. Son escritas durante el tiempo que se está estudiando o por la persona directamente relacionada con el evento [10]. En la presente investigación se utilizaron entrevistas y observación directa, como fuentes primarias [11] así como datos históricos del software utilizado para la gestión de inventarios y por último, entrevistas de tipo semi-estructuradas, comenzando con preguntas previamente estipuladas.

Las fuentes secundarias interpretan y analizan fuentes primarias. Son textos basados en fuentes primarias, e implican generalización, análisis, síntesis, interpretación o evaluación [10]. Se utilizaron distintos artículos, estudios de tesis y documentos web relacionados con el tópico de estudio.

4. DESARROLLO

4.1 Descripción de la organización

La PyME considerada es una empresa dedicada a la venta de pintura minorista en Mar del Plata y la zona. Comercializa en la ciudad bajo dos nombres comerciales que representan, a su vez, dos unidades de negocio diferentes, pero que comparten funciones administrativas. En cuanto a decisiones comerciales y operativas, ambas cadenas funcionaron históricamente, de forma estanca. Dentro de la ciudad de Mar del Plata, la empresa cuenta con un total de 25 sucursales.

El análisis ABC se realizó tanto para cada cadena individualmente, como para ambas cadenas de forma agregada y el resumen de resultados se muestra en el Tabla 1.

El rubro Hogar y Obra muestra una importancia mayor al 85% en ambas cadenas, por tanto, se realizó la clasificación ABC sólo con los artículos pertenecientes a este grupo. Para el ABC, se utilizó el criterio de ingresos por ventas.

Tabla 1 Clasificación ABC para la empresa.
Fuente: elaboración propia en base a datos históricos de la empresa.

	A	B	C
Cadena 1			
Cantidad de productos	377	596	1,573
Cantidad de productos / Total productos	15%	23%	62%
Cantidad de ventas [mUM]*	60,533	11,383	3,787
Cantidad de ventas / Ventas totales	80%	15%	5%
Cadena 2			
Cantidad de productos	369	610	1,744
Cantidad de productos / Total productos	14%	22%	64%
Cantidad de ventas [mUM]*	98,005	18,416	6,136
Cantidad de ventas / Ventas totales	80%	15%	5%
Conjunta			
Cantidad de productos	514	823	2,535
Cantidad de productos / Total productos	13%	21%	65%
Cantidad de ventas [mUM]*	158,495	29,734	9,907
Cantidad de ventas / Ventas totales	80%	15%	5%

Las actividades de entrega son compartidas por ambas mediante un conjunto de actividades realizado diariamente y las sucursales afectadas varían según el cronograma establecido por el encargado de logística. Las rutas son elaboradas por el encargado de logística en base a su experiencia, y en general son fijas, tienen una validez de largo plazo y rara vez son modificadas.

Se encontró en primer lugar, que la asignación de sucursales a cada depósito sigue un criterio que no optimiza la logística de la empresa. También se observó que la asignación de rutas está definida de forma fija, y es invariante en el corto y mediano plazo. Además, no se realiza con alguna herramienta, sino que sigue el criterio particular de cada encargado de depósito.

Para estimar las necesidades de cada sucursal, se utilizaron datos reales de transferencias entre estas y los depósitos, y se convirtieron a kilogramos mediante el factor litros¹. Esto fue necesario para posteriormente estimar el ruteo bajo el esquema de asignación original.

En la obtención de rutas, se utilizaron criterios que sobre-optimizaron el resultado: no se permitió fraccionar la carga y se asignó la mayor cantidad de veces posible vehículos de mayor capacidad. El resultado obtenido se representa en forma gráfica en la Figura 1, donde puede observarse a la izquierda la distribución original de sucursales para cada depósito, mientras que a la derecha la distribución propuesta. Mientras que la menor distancia posible a recorrer con el esquema original, para ambos depósitos, es de 135 km, en el esquema propuesto se reduce a 124 km.

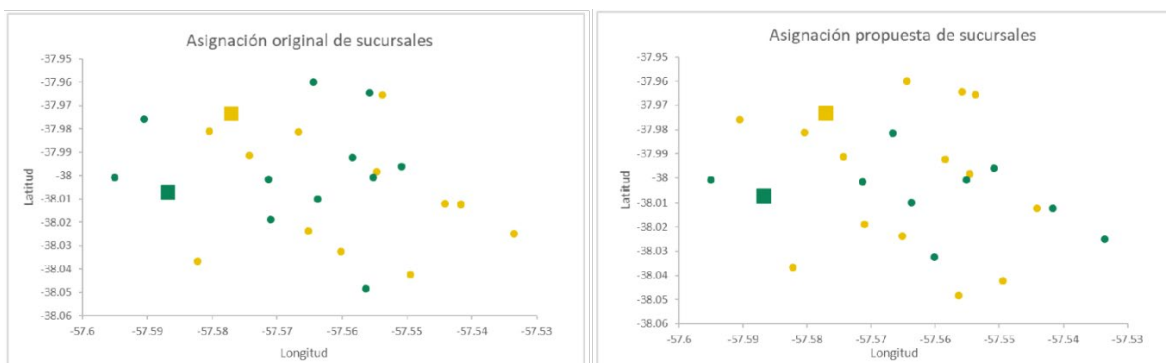


Figura 1 Asignación de sucursales a cada depósito

Sobre el análisis de cumplimiento de la política de inventarios, se buscó saber si en la operación real de la empresa se respetó el sistema de abastecimiento a las sucursales que la gerencia estableció. Para ello se comparó la cantidad enviada a una sucursal, con el reporte de falta (que es un informe de las unidades faltante para alcanzar el stock de seguridad en la sucursal) correspondiente. Se encontraron los siguientes hallazgos: a) En el mejor de los casos, la tasa de

¹ Los productos líquidos que la empresa comercializa explican más de 96% del volumen almacenado, por lo tanto, se utiliza internamente una unidad de conversión que utiliza un valor de densidad promedio, que se llama “factor litro”, y permite estimar cuánto pesa y qué volumen ocupa un stock particular, considerando los datos de facturación de los proveedores que se expresan en litros.

cumplimientos fue del 41% (productos A, Cadena 2); b) La mayoría de las veces, los incumplimientos fueron por una cantidad equivalente al 100% del mínimo, para todas las categorías de la clasificación ABC; c) La Cadena 1 tuvo una tasa cumplimiento mayor comparando cada categoría entre ambas cadenas; y d) Aunque internamente no existe una clasificación de los productos por importancia, los resultados mostraron que los productos categorizados como A en este trabajo tuvieron mayor cumplimiento que los menos importantes (los B y C).

Se observó un nivel bajo de cumplimiento de la política de abastecimiento a las sucursales, aunque la empresa, por su parte, indicó que no percibió un incumplimiento alto. Es decir que a pesar de no haber respetado de forma estricta el sistema, se logró satisfacer la demanda en niveles generales, o al menos esta falta de cumplimiento no se vio reflejada en las percepciones de la gerencia. Bowersox [2] indica que una explicación a esta situación son los inventarios excesivos, ya que estos pueden compensar las deficiencias en el diseño básico de un sistema logístico. Si bien las causas de los incumplimientos pudieron ser ajenas a la política en sí misma, se evidenció la necesidad de una reformulación basada en conocimientos teóricos.

El nivel de servicio del esquema original fue satisfactorio, lo que indicó que aún con bajo cumplimiento de las políticas de abastecimiento, los productos fueron entregados a los clientes. Ballou [3] propone un estándar estimativo de la rotación de inventario para un almacén de existencias de 9 veces por año.

Se observó que el nivel más alto de rotación registrado en la empresa fue de 7.33 veces por año, para el caso de los productos A en el depósito de la Cadena 2. Esto corroboró la idea del alto stock subyacente elevado, por lo que se recalculó al nivel de los stocks de seguridad para proveer una rotación adecuada. Se observó que los niveles máximos disminuyen en un 50% o más, para el 65% de los artículos; la moda se encuentra en el intervalo (-60%; -50%], con un 21% de los artículos; el 13% de los artículos no ven afectado su nivel máximo, o este disminuye a lo sumo 10%; solo un 6% de los artículos aumentaron su nivel máximo por encima de su valor original; y finalmente, un 2% de los artículos disminuyen su nivel máximo a 0.

Con base al modelo MOGIT aplicado a ambas cadenas de pinturerías. Se tuvieron en cuenta los cinco elementos claves del modelo y un conjunto de herramientas seleccionadas para cada caso. Para el elemento FOCALIZAR la herramienta seleccionada fue el análisis DAFO. Se observó la elevada influencia de la logística y cómo su manejo ineficiente afecta a la empresa, generando quiebres de stock, altos niveles de inventario y elevados gastos de transporte. El sostenimiento en el tiempo de dos estructuras logísticas independientes, y su poca optimización, no favorecen a la empresa debido a la alta competencia basada en precios de venta. Sin embargo, la venta al público bajo dos nombres comerciales permite a la empresa ostentar una posición cómoda en el mercado, siendo el líder en el segmento en el cual compite a nivel local.

La expansión geográfica se evidencia en una creciente cantidad de sucursales de la cadena en la ciudad de Mar del Plata. Esto en parte es gracias a su fuerte posición económica, resultado no solo del éxito de las pinturerías sino también de otros activos de la cartera. Esta fortaleza económica además le permite obtener descuentos por compras grandes y realizar compras de especulativas. Para el elemento VIGILAR se partió de una auditoría tecnológica, donde se verificó que la empresa utilizaba originalmente el software informático Presea, provisto por la empresa argentina Neuralsoft, para la gestión integrada de todas las áreas de la organización. No posee ningún otro activo tecnológico aplicable a logística. El software integra los elementos necesarios para la administración completa de una empresa, sin embargo, no profundiza en algunas áreas, para este análisis en particular, la administración logística resulta rudimentaria.

Una vez detectada la deficiencia, se utilizaron técnicas de vigilancia tecnológica para hallar un software en mercado con capacidad y factibilidad para ser implementado. Se encontraron y evaluaron 4 alternativas (Track-pod, OR-Tools, Netsuite ERP, Deonics) y en base a criterios multivariados se consideró que la mejor alternativa sería el software Deonics. Al implementarse el mismo, produce cambios mínimos en la estructura de la empresa, cumpliendo satisfactoriamente las necesidades planteadas. Además, los costos resultaron competitivos en comparación con el resto de las alternativas. Por otra parte, la capacitación debe impartirse solamente a los involucrados en logística, y el contacto de soporte que otorga es el mismo que para el software original, ya que es desarrollado por la misma empresa.

La implementación del software seleccionado representará en sí mismo una estrategia valiosa correspondiente al elemento clave CAPACITARSE, ya que posibilitará la diagramación y visualización física del depósito, junto con la identificación de las posiciones y la rotación del inventario asociado a cada una. Esto permite comprender la importancia de sistematizar el almacenaje para hacer más eficiente los procesos de picking y armado. Mediante esta herramienta se generan nuevos conocimientos sobre las mejores prácticas de almacenaje para la situación particular de la empresa. Asimismo, la generación de nuevo conocimiento producto del convenio para la realización de este trabajo representa una herramienta igualmente valorable dentro del elemento clave.

Para IMPLANTAR el software primero se deben estandarizar los procesos en lo que se refiere al menos a: selección de indicadores logísticos, frecuencia de medición, frecuencia de revisión de niveles máximos y designación de rutas de reparto. Luego pueden definirse los procesos del resto de funciones del software. Esto puede ser un obstáculo si se tiene en cuenta que los procesos deben ser únicos para la empresa. La separación física original de los depósitos requiere un proceso de estandarización más complejo donde se mezclan las costumbres y las culturas organizacionales. La empresa está transitando un camino dentro del elemento clave APRENDER, que la dirige hacia la excelencia en la gestión y la mejora de sus procesos, a través de las relaciones formadas con la UNMDP, sus investigadores y estudiantes. Para la realización de este trabajo final, fue necesario realizar un contrato formal, que establece la posibilidad de concretar futuros trabajos académicos que retroalimentan el proceso actual de aprendizaje. Utilizar los lineamientos propuestos y su implementación exitosa generará expectativas positivas y capitalizará todo el conocimiento aplicado para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados.

5. RESULTADOS.

El análisis de cumplimiento de la política de inventarios dio como resultado un nivel bajo. A pesar de ello, el desempeño medido por el nivel de servicio, se mantuvo por encima del 90% en gran parte de los productos.

Como parte del análisis preliminar se realizó una clasificación ABC de la cartera de productos de la empresa que permitió segmentar el cálculo de indicadores, tomando con especial importancia los productos A.

En cuanto a la propuesta de distribución, se realizó una reasignación de las sucursales "cliente interno" de cada depósito y se diseñaron rutas óptimas. Se muestra la comparativa en la Tabla 18 de ambos esquemas. El criterio previo era el de asignar las sucursales a cada depósito según el nombre comercial de cada una, y diseñar las rutas en base a experiencia. La comparación entre la asignación original de sucursales y la asignación propuesta se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2 Comparativas de esquema de distribución.

	Esquema original	Esquema propuesto	Variación %
Cantidad de rutas	14	14	-
Distancia recorrida [KM]	135	124	-8%
Sucursales depósito Cadena 1	11	9	-18%
Sucursales depósito Cadena 2	12	14	+17%
Envío promedio semanal Cad 1 [KG]	11,589	10,268	-11%
Envío promedio semanal Cad 2 [KG]	23,482	24,548	+5%

Modificar el esquema de asignación y ruteo, implica un cambio para los encargados de logística de cada depósito, los choferes y personal de depósito. La distribución se ve afectada directamente por la política de inventarios ya que esta determina la magnitud que será abastecida cada semana, lo que evidencia el grado de relación entre ambas funciones logísticas.

Los encargados de logística se verían afectados al incorporar nuevas sucursales a su cargo y dejar de suplir a otras. Deben entablar nuevas relaciones con los encargados de sucursales, y adaptarse a una nueva cultura organizacional, correspondiente a la otra cadena.

Los choferes se verían afectados al tener que recorrer nuevas rutas, y entregar a nuevas sucursales. Aun así, la carga de trabajo se mantendría en 14 viajes para cada depósito.

El personal de depósito vería modificada su carga laboral. En el caso de la Cadena 1, la cantidad enviada se reduciría un 10%, mientras que para la Cadena 2 aumentaría un 5%. Esto impacta en algunas actividades del proceso de entrega, como ser: obtención del reporte de falta, comprobación de stocks en el sistema y armado de la carga. Se tomó como consideración que los depósitos pueden absorber estas variaciones manteniendo su estructura.

En cuanto a la factibilidad económica de la propuesta, se consideraron constantes todos los recursos de la empresa, por lo que no se necesita adquirir equipamiento o realizar inversiones que impliquen un análisis económico.

Es importante tener en cuenta las consideraciones que se tomaron para el cálculo de la propuesta de mejora. Las mismas supusieron simplificaciones respecto a la realidad para facilitar el análisis y, en ciertos casos, adaptarse a la formulación específica del modelo.

Respecto a la asignación fija de los vehículos, dado que el cuello de botella para el almacén de la Cadena 1 es la baja capacidad de su flota, es posible producir mejoras en los resultados eliminando esta restricción. Por ejemplo, utilizando el vehículo que posee la otra cadena con capacidad de 6.000 kg, para realizar envíos desde el almacén mencionado.

La disminución en la distancia recorrida de un 8% sería probablemente mayor, considerando que se supuso que el ruteo original era óptimo. Es decir, se midió la distancia recorrida por los camiones a través del software VRP, cuando en realidad se utiliza la experiencia de los encargados para definir los recorridos.

Se consideró que los pedidos de las sucursales se entregan en un único viaje, es decir, la carga no se fracciona. En el caso de la obtención de las rutas originales, esta suposición implicó reducir el envío promedio de aquellas sucursales que excedían la capacidad de cualquier vehículo, otorgando resultados menores de distancia recorrida. Permitir fraccionar carga, requiere plantear una nueva formulación del VRP. Esto brindaría resultados probablemente mejores a los que se obtuvieron.

Teniendo en cuenta lo desarrollado en los párrafos anteriores, se proponen dos lineamientos de mejora: compartir los vehículos entre ambos depósitos y/o analizar la compra de nuevos vehículos más grandes; y mediante la alternativa propuesta en el elemento “vigilar” del MOGIT, teniendo en cuenta las consideraciones en “implantar” y lo observado en las actividades del proceso de entrega a sucursales, se podrían realizar los ruteos con las necesidades semanales específicas. Es decir, incorporar la elaboración de recorridos a las actividades operacionales del proceso de entrega, de modo de vincular de forma efectiva la distribución con la operativa diaria de reabastecimiento a sucursales.

Para los inventarios se propusieron tres métricas, a saber: Inventario promedio, rotación de inventario y nivel de servicio. Fueron elegidas en base a la bibliográfica, por su importancia, facilidad de cálculo y capacidad de reflejar el desempeño de la política de inventario. A su vez responden a la ausencia de métricas de inventario dentro de la organización. El cálculo de estos indicadores en la situación original funcionó como diagnóstico, con la premisa de que las mismas eran mejorables bajo un nuevo esquema. Dado el objetivo del presente trabajo de analizar los almacenes, las métricas fueron eficaces.

A partir de la reorganización de sucursales, producto del análisis de la distribución, se reformuló el modelo de revisión periódica, lo que implicó obtener niveles máximos revisados para cada producto. Se calcularon los niveles máximos para cada depósito. Luego, para profundizar el desarrollo del modelo a todos los niveles de la logística interna de la empresa, también se calcularon los niveles máximos para las sucursales. En la definición de los parámetros del modelo, la demanda y el tiempo de entrega de los proveedores se modelizaron como variables aleatorias distribuidas normalmente. Posteriormente se recalcularon las tres métricas propuestas desde el punto de vista del depósito. La comparativa de estas tres métricas, solo para los artículos A, se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Comparación de métricas de inventarios

Métrica	Original	Propuesta	Diferencia absoluta	Diferencia [%]
Cadena 2				
Inventario promedio [Millones de UM]	12.40	3.60	-8.80	-71%
Rotación de inventario [Rotaciones anuales]	7.33	18.51	11.18	153%
Nivel de servicio [%]	88%	96%	0.08	9%
Cadena 1				
Inventario promedio [Millones de UM]	7.80	2.10	-5.70	-73%
Rotación de inventario [Rotaciones anuales]	6.48	15.97	9.49	146%
Nivel de servicio [%]	96%	94%	-0.02	-2%

Se observó cómo, con las propuestas de reasignación de sucursales y recálculo de niveles máximos, se puede disminuir el inventario promedio en un 70% para ambas cadenas. A su vez la rotación de inventario aumenta aproximadamente 1.5 veces, también para ambas cadenas.

Estos cambios mejoran el nivel de servicio en nueve puntos porcentuales en la Cadena 2 y solo lo disminuyen en 2 puntos porcentuales en la Cadena 1. A pesar de esta disminución en el nivel de servicio de ésta última, su valor sigue siendo aceptable por encima del 94%. Previamente, este no era un factor controlado y determinado según la importancia estratégica de cada producto. Por lo tanto, si bien el nivel de servicio cambió con el nuevo esquema, ahora es un factor determinado por una decisión gerencial.

Consecuentemente con estas mejoras en las métricas se generan ahorros al tener menos capital inmovilizado, disminuyen los costos de mantener inventarios y se cuenta con mayor espacio aprovechable en el depósito.

Luego del análisis de estas métricas, se incluyó la comparativa de otro indicador que es utilizado en la empresa, este es el almacenamiento medido en litros de pintura. Si bien no mide el requerimiento real de espacio del inventario, sí permite dar una idea más aproximada que el inventario promedio al no realizarse una valoración monetaria. Se observa como su valor disminuye en un 24% para toda la empresa, lo que se traduce en un requerimiento de espacio volumétrico mucho menor que el del esquema original.

En cuanto al Modelo de Gestión de la Innovación (MOGIT), se realizó una búsqueda de alternativas que permitan llevar a cabo o faciliten implantar las propuestas desarrolladas, como parte de uno de sus elementos clave. Se relevaron en total 4 alternativas (ver Tabla 4), y se analizó cada una mediante las especificaciones del autor en base a criterios establecidos: costo mensual, inversión en equipos, magnitud del cambio, respuesta a las necesidades actuales, soporte disponible, necesidad de capacitaciones, costo de capacitaciones. Se buscó combinar criterios económicos,

con criterios relacionados a las personas y, por último, la factibilidad de la propuesta. En base a una matriz de ponderación de criterios y calificaciones para cada alternativa, el software seleccionado fue Deonics.

Tabla 4 Matriz de selección de alternativas tecnológicas

Criterios	Peso relativo	Track-pod	OR-Tools	Netsuite ERP	Deonics
Costo mensual	0.15	2	4	1	2
Inversión en equipos informáticos	0.05	2	4	4	4
Magnitud del cambio	0.20	3	2	1	2
Respuesta a las necesidades actuales	0.25	3	2	4	3
Soporte disponible	0.10	1	1	4	4
Necesidad de capacitaciones	0.15	2	1	1	3
Costo de capacitaciones	0.10	1	2	2	4
Puntuación total	1	2.25	2.15	2.3	2.9

La alternativa seleccionada, contribuye a la capacitación del personal de la empresa en cuanto a la gestión logística, ya que permite incorporar métricas, reportes, analíticas, y brinda soluciones de almacenamiento, ruteo y gestión de inventarios. La principal dificultad para la implantación es la necesidad de estandarizar procesos que originalmente son diferentes en cada cadena debido a su separación física. En cuanto al aprendizaje de la organización, se recomienda mantener, o aumentar, el nivel de contacto con estudiantes avanzados o profesionales y seguir desarrollando trabajos con la UNMDP. A su vez, se deben incorporar funciones que tengan como objetivo la vigilancia tecnológica del ambiente externo para generar información de calidad.

6. CONCLUSIONES.

La decisión de la empresa de capacitarse e incorporar conocimiento estableciendo vínculos con la UNMDP a través de pasantías y trabajos finales, motivó a realizar el presente estudio. Ello requirió en primer lugar establecer un marco formal, para poder utilizar datos reales y que los resultados de análisis sean aplicados en la empresa. Posteriormente se definió en conjunto con la empresa el objetivo del trabajo, que han podido completarse íntegramente.

Un primer relevamiento mostró que la empresa utiliza su propio conocimiento y experiencia para la toma de decisiones, al menos en cuanto a las funciones que se plantearon como objetivo para este trabajo. Además, se observó que no se utilizan métricas para la gestión logística. Este primer relevamiento indujo la premisa de que se podían utilizar modelos teóricos para gestionar tales funciones y mejorarlas, como así proponer la incorporación de métricas a la gestión.

El análisis del cumplimiento de la política original arrojó como resultado un nivel bajo. De modo que se puede decir que, en la práctica, la empresa no hace lo que se propone, ni tampoco cuenta con los medios para descubrirlo. Esto último no solo es evidente por la falta de métricas previamente comentada, sino que además la propia gerencia no puede dimensionar la falta de cumplimiento.

Los indicadores propuestos para el análisis de inventarios fueron: inventario promedio, rotación de inventarios y nivel de servicio. De cada uno de ellos, se realizó una medición con datos históricos. Se encontró que, aunque internamente no exista una clasificación de productos, estos se pueden agrupar por su importancia relativa, siendo los productos A los que más rotaban y los que representan la mayor parte del inventario. Los valores altos observados en el nivel de servicio, junto con el resto de los indicadores, pueden significar una elevada disponibilidad de stock que se contraponen a los incumplimientos en la política.

Se analizó la política de distribución de la empresa y se propuso una nueva política sin la restricción de abastecer solamente a las sucursales de una de las marcas. La distancia recorrida por los vehículos se redujo un 8%. Dadas las simplificaciones tomadas, este valor es un piso de la mejora, que potencialmente puede ser mayor.

Con esta reasignación se propuso la nueva política de inventarios para los depósitos, que indica cómo este debe abastecerse para alcanzar un nivel de servicio estipulado a través de una decisión gerencial. Se recalcularon las métricas con este nuevo esquema con un impacto directo en el nivel de capital inmovilizado, reduciendo a su vez, los costos de mantener inventario.

Una vez definida la estrategia tecnológica que permita focalizar los esfuerzos de la empresa en reforzar sus capacidades para atacar sus debilidades, se seleccionó una herramienta para que la empresa pueda aplicar no sólo las mejoras propuestas, sino también técnicas e indicadores sobre otras funciones logísticas. Se encontró, además, que la empresa debe incorporar la vigilancia tecnológica y mantener, o aumentar, el nivel de contacto con las fuentes de producción de conocimiento y tecnología, donde se valora la incorporación de estudiantes avanzados de la UNMDP y profesionales.

Por último, se puede afirmar que la empresa analizada es una organización que “aprende”, ya que se ha verificado la aplicación del modelo de gestión de la tecnología y el desarrollo más que incipiente de los cinco elementos clave, que en suma significa que tiene capacidad de vigilar tanto su entorno como sus propias capacidades, y elabora sus estrategias de actualización tecnológica con base en las oportunidades y debilidades que en su análisis de contexto detecta.

Asimismo, toma acciones concretas para la implantación de sus estrategias y quizás la más importante de ellas tiene que ver con la diversificación en su esfuerzo por capacitarse, tanto en relación la incorporación de recursos humanos que le permiten incrementar sus capacidades, como con la incorporación de tecnologías para el apoyo a los procesos de toma de decisión.

7. REFERENCIAS.

- [1] Coyle, J. J., Langley, C. J., Novack, R. A., y Gibson, B. J. (2013). *Administración de la cadena de suministro: Una perspectiva logística*. Novena edición. México. Cengage Learning Editores.
- [2] Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. Segunda edición. México. McGraw-Hill.
- [3] Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Quinta edición. México. Pearson Educación.
- [4] Ospina-Toro, D., Toro-Ocampo, E., Gallego-Rendón, R. A. (2018). “Solución del MDVRP usando el algoritmo de búsqueda local iterada”, *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, Vol. 1, No. 31, Mayo 2018, pág. 120-127.
- [5] Petrillo, J.D.; Dematteis, R.; Morcela, O.A.; Cabut, M. (2018). *El proceso innovador (PI) y la gestión de la innovación tecnológica (GIT)*. Apunte de Cátedra. Mar del Plata. FI-UNMDP
- [6] Dankbaar, B. (1993) *Research and technology management in enterprises: issues for community policy*, Overall Strategic Review, EUR.
- [7] COTEC (1999). *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y la innovación para empresas*. Temaguide. Fundación COTEC. Madrid, España.
- [8] Tabone, L.; Tieri, S. (2012). *Desarrollo de un modelo de gestión de la innovación tecnológica para las MIPYME regionales Estudio de caso: El sector textil*. Trabajo Final de Carrera. Mar del Plata. FI-UNMDP
- [9] VASILACHIS DE GIALDINO, I. (2006). *Estrategias de la Investigación Cualitativa*. Primera edición. Barcelona. Gedisa.
- [10] GRUBBS, F. E. (1969). “Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples, Technometrics”, Vol. 11, No. 1, Febrero 1969, pág. 1-21
- [11] HOLMES A. (2013). *Direct Observation*. Extraído el 19 de septiembre de 2018, de link.springer.com

Redes Neuronales como herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial – Segunda etapa: Mejora del pronóstico.

Alsúa, Santiago Ezequiel; Alvarado, Antonella; Castarés, Juan Francisco; Veltri, Federico Nahuel; Varela, Rodrigo Daniel.

*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 profesional de consumo de combustible en la aviación comercial. Sobre la base de los resultados obtenidos en la primera etapa del proyecto, que indican viabilidad en la implementación de las redes neuronales artificiales como herramienta de predicción, se busca perfeccionar los métodos planteados para su adopción a nivel industrial. Se considerará la necesidad de corrección de los procesos de desarrollo investigados en la etapa anterior.

Palabras Claves: pronóstico; consumo de combustible; aviación; redes neuronales.

ABSTRACT

The scope of this research is the professional forecast of fuel consumption in commercial aviation. Based on the results obtained from the first stage of the investigation, which point to the feasibility of carrying out forecasting using artificial neural networks as a tool, the goal is to further improve the proposed methods in order to allow for their implementation at an industrial scale. The need for improvements in the development processes investigated during the prior stage will be considered.

1. INTRODUCCIÓN.

Esta etapa del proyecto parte de la base del estudio conducido durante el primer ciclo de la investigación. Por este motivo en el documento se describe el estado del arte correspondiente en función de las conclusiones obtenidas esa primera etapa [1], junto a una breve síntesis de lo explicitado en el documento correspondiente. Luego de esto se exponen las mejoras puestas en práctica con respecto al trabajo llevado a cabo en la primera parte de la investigación, así como su proceso de implementación y análisis. Estas pueden ser resumidas como la automatización de la limpieza de la base de datos y el desarrollo de la red neuronal a evaluar en lenguaje Python. La comparación de los resultados con respecto a los obtenidos con anterioridad se analiza finalmente en las conclusiones de la investigación.

Para el proyecto actual se utilizó el estudio realizado en la primera etapa, como base teórica de los fundamentos; y se aplicó el conocimiento adquirido para poder profundizar en el análisis. Así se consiguió probar y demostrar una mejora en los métodos de pronósticos con redes neuronales referidos al campo mencionado.

En el trabajo [1], se realizó una investigación sobre la importancia de la limpieza de datos, antes de comenzar el aprendizaje de la red. En análisis desarrollado sobre la base de datos se observó mejora significativa en el desempeño de las redes con una limpieza previa de la información, por lo que se puede afirmar que este paso resulta indispensable antes de trabajar con redes neuronales. Se demostró que una reducción en la cantidad de variables utilizadas para entrenar la red es posible, siempre y cuando las variables sean correctamente seleccionadas y se asegure la calidad de los registros que están contenidos en esas variables.

Como se utilizó la misma base de datos con el mismo objetivo final, también se aprovechó el análisis anterior para elegir las variables a utilizar. 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.

Es menester mencionar que los métodos utilizados en [1] y el documento actual, difieren en algunos puntos. El proceso de la limpieza de datos en la primera parte de la investigación fue manual, lo que genera pérdidas de tiempo, por lo que se vuelve improductivo al cambiar de base de datos. Por esta razón para esta segunda parte se automatizó el proceso de limpieza de datos. Además, para esta parte se decidió dejar de utilizar Matlab, para comenzar a programar en lenguaje Python, lo que permitió limpiar los datos y programar la red en un solo proceso y brindó mayores libertades a la hora de aplicar criterios de filtrado en la base de datos para modelar las redes (los aplicados en la base utilizada son listados en la sección de métodos).

2. MARCO CONCEPTUAL.

2.1. Matlab.

Matlab es un entorno de computación numérica, además de funcionar como lenguaje de programación [2]. El nombre hace referencia al paquete en su totalidad, incluyendo el entorno de desarrollo integrado (IDE por sus siglas en inglés), y es un producto desarrollado por la corporación Mathworks, que ostenta derechos de propiedad intelectual. Su librería estándar no resulta particularmente rica en términos de funciones de programación general, pero sí en cuanto a álgebra de matrices, procesamiento de datos, y gráficas. Mathworks también ofrece paquetes de herramientas extra con funcionalidades agregadas.

Sin embargo, debido a la naturaleza privada de los algoritmos de Matlab, no existe la posibilidad de acceder al detalle del código para la mayoría de estos, y por lo tanto se debe confiar en su correcta implementación por parte de los desarrolladores. Si bien el desarrollo profesional de dichos algoritmos puede representar una garantía de validez del código, a su vez obstaculiza la personalización hasta cierto punto.

También, debido a esa misma naturaleza, requiere del pago de una licencia para su utilización, lo cual limita la difusión que puede tener el código desarrollado en Matlab, cuando existen alternativas gratuitas. Correr el código desarrollado en otros equipos puede resultar engorroso, y requerir de la actualización permanente del Matlab Runtime para poder ejecutar la aplicación compilada.

Por otro lado, en cuanto a la universalidad de su lenguaje de programación, Matlab presenta algunas anomalías que surgen de sus orígenes como paquete de manipulación de matrices, tal como el uso que se le da al punto y coma, o la dificultad para distinguir funciones dado que la indexación se lleva a cabo con llaves en lugar de corchetes.

Como ventajas, por otro lado, Matlab ofrece una amplia gama de funciones de base, así como la posibilidad de trabajar con un paquete más integrado, que no requiere del *setup*, ni la utilización de otros elementos, y que puede resultar más fácil para principiantes, especialmente gracias a la multiplicidad de funcionalidades basadas en la interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en inglés) con las que cuenta.

También goza de gran prestigio en el ambiente académico y científico, siendo utilizado en multiplicidad de universidades en todo el mundo, y con una trayectoria reconocida a lo largo del tiempo.

La implementación de Simulink también resulta una ventaja, tanto en términos de poder de simulación de sistemas complejos como de simplicidad en su representación visual, particularmente debido a la falta de oferta de una alternativa de capacidad equivalente en código abierto.

2.2. Python.

Python es un lenguaje de programación de código abierto cuya implementación más frecuentemente usada y oficial está escrita en C [2]. También cuenta con una librería estándar extensiva, que apunta a la programación general y contiene módulos especializados para diversas aplicaciones dirigidas a sistemas operativos, redes, bases de datos, etc.

Debido a su naturaleza abierta y gratuita, el diseño de paquetes y demás herramientas de software que extienden el alcance de Python resulta relativamente sencillo. Cada paquete es desarrollado por un grupo diferenciado, compuesto por los propios usuarios y, si bien la mayoría de los paquetes son producidos por un mismo conjunto de desarrolladores más activos, los usuarios de contribuyen a su desarrollo tanto en el reporte de fallas como en correcciones menores del código.

El uso de Python también aporta beneficios desde un diseño pensado para resultar un lenguaje de programación accesible e intuitivo, en comparación a Matlab y sus orígenes como un paquete de manipulación de matrices. También por este mismo diseño, incluso en comparación con otros lenguajes, cuenta con numerosas bibliotecas y tipos de datos que lo hacen particularmente útil para la computación científica.

Por ejemplo, el uso de espacios de nombres para identificar todo elemento en Python, así como el sistema de indentado para definir bloques de código, permiten una claridad y trazabilidad en la estructura del código que lo hace más sencillo de inspeccionar.

Otras ventajas que ofrece el código abierto y la universalidad de Python son la posibilidad de ejecutar el código en una diversidad de sistemas operativos sin inconvenientes, así como la versatilidad para definir funciones y clases dentro del mismo código.

Para poder aplicarse a computación científica, sin embargo, Python requiere de la instalación de paquetes de librerías adicionales, así como de la utilización de un IDE a definir por el usuario, o una herramienta equivalente. Cada una de las librerías aporta un rango de funciones en particular para el uso en computación científica. La necesidad de instalar dichas librerías para darle ciertas aplicaciones específicas a Python, entre ellas el desarrollo de redes neuronales artificiales, hace que requiera un tiempo de *setup* y personalización más extenso y engorroso.

No obstante, debido a la multiplicidad de usos y desarrollos hechos sobre Python, existen distribuciones del *software* con paquetes preestablecidos para aplicación científica. Entre estos uno de los más conocidos es Anaconda.

Anaconda es, estrictamente, una distribución tanto de los lenguajes Python como R, desarrollada para computación científica orientada a aplicaciones de análisis de datos de gran escala, aprendizaje automático, y analítica predictiva. Su objetivo es específicamente simplificar el manejo de paquetes y su correspondiente despliegue. Incluye más de 1500 paquetes de código abierto con funcionalidades para las aplicaciones mencionadas, que son administrados por el sistema de administración de paquetes Conda, entre ellos:

- **NumPy:** Es el paquete fundamental para computación científica en Python. Agrega soporte para vectores y matrices multidimensionales de gran tamaño, así como una extensa librería de funciones matemáticas para el manejo y operación de álgebra matricial.
- **Pandas:** Es una librería para manipulación y análisis de datos, que provee estructuras y operaciones para manejar tablas numéricas y series de tiempo.
- **Matplotlib:** Es una librería de gráficas 2D de Python, que produce figuras de elevada calidad visual en una amplia gama de formatos y contextos interactivos para diversas plataformas. Permite generar gráficos de dispersión, de barras, histogramas, de distribución de errores, entre otros.
- **Scikit-learn:** Es una librería de aprendizaje automático, que cuenta con numerosos algoritmos de clasificación, regresión, y agrupamiento, que incluyen máquinas de soporte vectorial, bosques aleatorios, potenciadores de gradientes, K-medias, y agrupamiento espacial basado en densidad de aplicaciones con ruido (DBSCAN por sus siglas en inglés). El diseño de esta librería está pensado para su interoperación con otras librerías de Python, entre ellas NumPy.
- **TensorFlow:** Es una librería utilizada para aprendizaje automático y programación diferenciable a través de diversas tareas, desarrollada por Google para satisfacer sus necesidades de detección de patrones y correlaciones con la implementación de redes neuronales artificiales.

- **Keras:** Es una librería de redes neuronales artificiales diseñada específicamente para una experimentación rápida de aprendizaje profundo sobre las redes, y resultar accesible al usuario debido a su simpleza de uso (red de alto nivel) y naturaleza modular. Dicha biblioteca posee una implementación en TensorFlow, incluido en el paquete Anaconda.

Anaconda también incluye un navegador que provee una alternativa GUI a la interfaz de comando, que permite ejecutar diversas aplicaciones y entornos de desarrollo, tanto las incluidas por defecto como otras que pueden ser instaladas. Entre los incluidos se encuentra Jupyter Notebook, un entorno de computación interactivo con base web que permite desarrollar documentos y suplir el uso de un IDE.

Una aclaración no menor es que, si bien existen numerosos lenguajes de programación de código abierto (entre otros, R, con un enfoque hacia la estadística), se analizó particularmente la posibilidad de utilizar Python como alternativa en función de las recomendaciones realizadas por el Ing. Iván Vilaboa (Docente del departamento de Ing. Industrial en el ITBA, comunicación personal, 2019).

2.3. Selección.

En vista de las ventajas de Matlab, que se ven circunscritas a aplicaciones que resultan muy lejanas al cuerpo principal de aquellas a las que se plantea destinar el software (aprendizaje profundo, aprendizaje automático, etc.), y al existir librerías que pueden aportar las funcionalidades correspondientes a la computación científica que distinguen a Matlab en otros entornos, se consideró que no es el medio más idóneo para llevar a cabo esta investigación. Por esto, y considerando la posibilidad de evitar una buena parte de las desventajas de Python a través de la implementación de Anaconda, así como la versatilidad de Python como lenguaje de programación, se decidió desarrollar la nueva red sobre Python en lugar de Matlab, en línea con la consulta realizada a expertos en el campo, debiendo eventualmente corroborarse si se obtiene una red neuronal más potente a la utilizada en la etapa anterior [1].

3. MÉTODOS.

Se inicia el análisis con una base de datos provista por la aerolínea, transferida desde el sistema FDR correspondiente al período comprendido desde enero de 2015 hasta febrero de 2017. La base consiste en una matriz que contiene 144 002 vuelos con 152 variables cada uno. Las variables abarcan, para cada etapa de 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 código de identificación (ID), aeropuertos de partida y arribo, modelo de avión, fecha y hora de partida y dirección espacial de la pista de despegue.

Para los métodos de limpieza se utilizó como herramienta la aplicación web Jupyter notebook, empleando lenguaje Python con las librerías Numpy, Pandas, Matplotlib, Keras (corriendo sobre TensorFlow), y Scikit-learn.

La librería más utilizada fue Pandas para la parte de la limpieza general. Es importante la utilización de programas de limpieza automatizados para que a medida que el proyecto avance y continúe su implementación, con nuevos datos, la limpieza de datos se haga de manera sencilla y no represente una demora en el análisis de la predicción.

3.1. Eliminación de datos en blanco o sin información.

Se eliminaron de la base los datos con valores en blanco y registros como los aeropuertos de salida y entrada que aparecían con una raya (-), o lo que es lo mismo, con al menos uno de los datos de aeropuertos faltante.

3.2. Selección de modelo de avión a analizar.

Tras una entrevista realizada con profesionales de la empresa se determinó que era conveniente utilizar únicamente los datos de los vuelos con Boeing 737-700 generar un software de predicción, siendo que los vuelos de dicho modelo representan el mayor volumen de utilización en las operaciones.

3.3. Eliminación de vuelos en base a su duración.

Se eliminaron los vuelos registrados con duraciones menores a los 20 minutos en base a que no son representativos para el estudio realizado y se suprimieron los vuelos con duraciones mayores a 16 horas ya que estas duraciones no son pertinentes a los aviones analizados.

3.4. Eliminación de *outliers*.

Se eliminaron los datos que contuvieran *outliers* para las columnas de *weight take off* (Contiene el combustible que se le cargó al avión) y *fuel burn*. También fueron eliminados los *outliers* de la

variable que está formada con el peso incluyendo el peso del combustible, porque en la variable que se utiliza en la red (peso sin incluir el combustible) resulta más difícil encontrar *outliers* ya que el peso está limitado por el volumen del avión. Se concluye entonces que es más probable encontrar *outliers* por exceso de carga de combustible y esta variable favorece el desarrollo de análisis de sensibilidad.

Los *outliers* se eliminaron con el mismo criterio estadístico de rango intercuartílico: 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.

3.5. Selección y definición de las variables.

De las 152 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:

- Mes: Para estudiar estacionalidad se tomó como variable el mes de salida.
- Dep IATA: Variable generada por código ASCII del nombre del aeropuerto de partida.
- Arr IATA: Variable generada por código ASCII del nombre del aeropuerto de arribo.
- Aircraft: Variable que contiene la matrícula del avión considerado. Se analizó para ver si existe una diferencia significativa en el avión estudiado en particular, más allá de ser el mismo modelo.
- Weight: Variable que incluye el peso.

También se consideró analizar la variable de peso inicial en kilogramos, pero se descartó esta idea ya que en el dato provisto en la base ya tiene incorporado el peso del combustible a la hora del despegue.

La variable de salida se identifica como *Total fuel burn* (kg), e indica el consumo total de combustible.

3.6. Análisis de variables categóricas e implementación de OHE.

Se observaron 3 variables categóricas. El problema que surgió es que la red neuronal toma únicamente valores de coma flotante (*float*), por lo que se debió transformar las variables de “categorías” a “números de coma flotante”. La solución se encontró utilizando el método de *One-Hot encoding* (OHE) o *Dummy encoding* que consiste en transformar las 3 categorías en 3 variables que tomen el valor 1 cuando la categoría corresponde con la variable, y 0 en caso contrario (misma lógica que una variable dicótoma) [3]. Por razones de multicolinealidad perfecta se eliminó una de las variables para así favorecer el aprendizaje de la red. Después de aplicar el OHE y la depuración queda una base de datos de 47781 registros con 125 categorías, teniendo la consideración de que en realidad son 4 pero el OHE generó 120 columnas, lista para alimentar la red.

3.7. Matriz de ruta y frecuencia.

La base de datos a analizar contiene registros de más de 24 meses entre 2015 y 2017; se encontró que ciertas rutas tenían 2 ó 3 viajes en ese lapso de tiempo, lo que no permitía un buen aprendizaje de la red. En consecuencia, se armó una matriz de ruta y frecuencia; se eliminaron las rutas con 30 o menos viajes. Se eligió este número debido a que, a partir de ese valor, el cambio sobre el coeficiente de determinación no resultaba significativo, a partir de la quinta cifra significativa. Se obtuvieron 115 rutas finales con 47080 vuelos en total. En la Tabla 2 del Anexo se pueden observar las diez rutas más repetidas de la base, con sus correspondientes frecuencias, y en la Figura 2 del Anexo se visualiza gráficamente la frecuencia del total de distintas rutas disponibles.

3.8. Método de aprendizaje de las redes.

El diseño del experimento se inicia con la elección de 5 poblaciones. Se usó una red neuronal de la librería Keras de Python. Esta segunda fase del experimento estudia la influencia de los parámetros. Se diseñan pruebas con una variación en ellos, en Keras (en su implementación sobre TensorFlow). 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.

Para todos los datos se los trasladó a una escala de 0 a 1 porque esto ayuda a la velocidad de procesamiento de 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 optimizador Adam; porcentaje para entrenamiento igual al 70 % de los datos, porcentajes de validación y testeo de 15 % cada uno, y una única capa de 12 neuronas. Para seleccionar el número de neuronas, y la cantidad de capas; se realizaron ensayos varios con 1 ó 2 capas y con números pares de neuronas del 0 al 12. A modo ilustrativo se muestran en la Tabla 3 del Anexo las redes que se probaron para el ensayo P1. La elección de estos posibles modelos fue arbitraria, si bien siempre se recomienda para este tipo de trabajos 1 sola capa de 8 a 12 neuronas. Por un lado, los porcentajes de datos asignados a cada etapa fueron los mismos que en la primera entrega del trabajo, con el objeto de poder comparar los resultados obtenidos con las distintas redes; por otro lado, al no existir un óptimo teórico para la cantidad de neuronas y capas se evaluaron distintas redes y se eligió la de mayor capacidad predictiva. La red fue realizada con una función de activación ReLU (*Rectified Linear Unit*) para la capa de neuronas ocultas y *linear* para las capas de *input* y *output*, hasta las 150 iteraciones, y con una función de pérdida de cuadrados mínimos: MSE. Adam es un algoritmo de optimización de descenso de gradiente estocástico con un funcionamiento diferente al de otros algoritmos de este tipo [4]. El algoritmo de descenso de gradiente estocástico mantiene una razón de aprendizaje constante (denominada alfa) para todas las actualizaciones en valores de parámetros a lo largo del entrenamiento de la red. También se mantiene una razón de aprendizaje para cada parámetro de la red que se adapta de forma individual durante el transcurso de dicho entrenamiento. Esto combina las ventajas de otros dos modelos más usuales de descenso de gradiente estocástico, AdaGrad y RMS Prop, que emplean el primero y segundo de los pasos de aprendizaje respectivamente, permitiéndole a la red la capacidad de aprender con facilidad tanto en problemas con gradientes dispersos como en problemas no estacionarios (con ruido). No obstante, y si bien la recomendación recibida por el Ing. Vilaboa fue la de utilizar el optimizador Adam, se llevó a cabo el entrenamiento de una red con distintos optimizadores, obteniendo los mejores resultados para Adam, igualado en términos de ajuste únicamente con el caso del Adagrad, que aun así arrojó un valor menos adecuado de error (ver Tabla 4 en el Anexo).

A su vez, en lugar de adaptar las razones de aprendizaje de los parámetros basado en el promedio del primer momento, como en el caso de RMSProp, Adam también emplea el promedio de los segundos momentos de los gradientes. En particular, calcula un promedio móvil exponencial del gradiente y el gradiente cuadrado, y los parámetros beta 1 y beta 2 controlan las razones de decaimiento de dichos promedios móviles.

4. RESULTADOS.

Para generalizar el análisis de resultados, se toman como medidas de calidad el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) calculados entre el vector salida y el vector objetivo del conjunto de datos de prueba.

La red entrenada con la población P1 emplea únicamente las variables base a disposición, es decir, los datos del aeropuerto de partida y de arribo; logra un ajuste de 95,40 % en el testeo y un error promedio de 327,93 kg de combustible. Para evaluar el impacto del resto de las variables, estas se añaden progresivamente. Como se puede observar en la Tabla 1, la predicción mejora ligeramente para los casos en los que se incorpora las variables que contienen el mes del vuelo y el peso del avión utilizado, aunque se puede observar que los valores de error promedio y ajuste disminuyen levemente cuando se tiene en cuenta a la matrícula como variable adicional (población 2), probablemente debido a una incidencia mayor del ruido que aporta que a la claridad de la información.

Por esta razón, además de la población 6, que incorpora todas las variables consideradas, se entrenó la población 5 sin tener en cuenta la matrícula, contemplando la posibilidad de que la incidencia del ruido fuera también mayor y se redujera en la población 6. No obstante, viendo los resultados, no fue el caso, por lo que se tomó la población 6 como punto de comparación para los demás análisis de los resultados.

Variables de uso predictivo	Poblaciones					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Dep IATA	X	X	X	X	X	X
Arr IATA	X	X	X	X	X	X
Aircraft		X				X
Mes			X		X	X
Weight				X	X	X
Cant. Registros	47080					
% Training	70%					
% Validation	15%					
% Testing	15%					
Neuronas ocultas	12					
Optimizer	Adam					
Parámetros entrenables de la red	889	1105	1021	901	353	1249
Parámetros no entrenables de la red	0					
MSE Training	110229.3376	109417.0498	107924.0523	108466.4938	103826.069	96017.3526
MSE Validation	113363.3001	116741.7093	114380.9876	110469.1314	107924.997	103367.7544
MSE Testing	107538.1497	108183.0898	105670.9184	104954.9734	99608.9696	95549.2871
MAE Training	252.1357	245.0427	247.2522	252.2726	242.4576	230.4085
MAE Validation	252.8006	250.4207	251.5186	251.9594	246.1275	236.4976
MAE Testing	249.7653	245.2423	245.0609	249.9688	239.3777	231.2478
RMSE Training	332.0080	330.7824	328.5179	329.3425	322.2205	309.8666
RMSE Validation	336.6946	341.6748	338.2025	332.3689	328.5194	321.5085
RMSE Testing	327.9300	328.9119	325.0706	323.9675	315.6088	309.1104
R2 Training	0.9522	0.9525	0.9532	0.9529	0.9549	0.9583
R2 Validation	0.9516	0.9502	0.9512	0.9529	0.9540	0.9559
R2 Testing	0.9540	0.9537	0.9548	0.9551	0.9574	0.9591

Tabla 1 Resultados del entrenamiento de redes predictivas.

La Figura 1 muestra la capacidad de ajuste entre predicciones y valores reales para la primera y la última de las poblaciones (1 y 6).

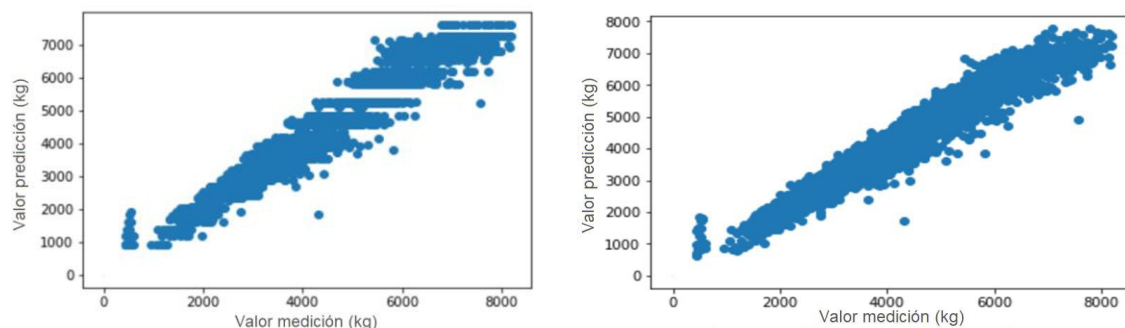


Figura 1 Gráficos de dispersión para las redes entrenadas con las poblaciones P1 y P6, para la etapa de testeo.

De la comparación de las poblaciones P2 a P4 se observa que el salto más significativo se produce con la inclusión de la variable del peso del avión, que produce un aumento del ajuste de 0,11 puntos porcentuales y una disminución del MAE testing de 4,7 kg (2,28 %). Esto representa una novedad con respecto a los resultados obtenidos en el trabajo [1] que, si bien se trataba de otra red neuronal, al contemplar la duración del vuelo encontraba un aumento significativamente mayor al incluir dicha variable respecto de las demás. En la nueva versión del trabajo no se tuvo en cuenta dicha variable, y también se modificó el peso tenido en cuenta (en el trabajo actual se utiliza el peso que no contempla el combustible al momento del despegue).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

A *priori* los resultados obtenidos con la red actual corroboran la hipótesis planteada con respecto a la utilidad de Python como lenguaje de programación con respecto a Matlab para el desarrollo de la red. Al comparar la población 1 del trabajo actual con la 7 del trabajo anterior [1] se observa una capacidad de predicción considerablemente mayor. Por tratarse de poblaciones que utilizan las mismas variables (únicamente aeropuerto de salida y de llegada) la red de Python proporciona un aumento de 17 puntos porcentuales en el valor del R^2 y una disminución de 700 kg en el MAE testing con respecto a la red de Matlab.

Cabe destacar que si bien se obtuvieron valores de ajuste mayores en los resultados del año anterior esto se debe a que se habían tenido en cuenta otras variables, como la duración del vuelo, así como el peso del avión al momento del despegue, que a su vez ya contempla el combustible. Al ser la duración del vuelo una variable con la que no se cuenta con antelación al vuelo (ya que es la duración efectiva y no la programada), y que el peso del avión no había sido definido recursivamente con la variación en cantidad de combustible para las predicciones de la red de Matlab, no pueden contemplarse en la red actual que busca funcionar como un predictor con un impacto económico medible. Es decir, si bien tuvieron valor como variables en el proceso de investigación de uso potencial en la etapa anterior del trabajo, resultó necesario desestimar dichas variables en el proceso de predicción actual. Al comparar las poblaciones actuales con las que no consideraban dichas variables los resultados con la nueva red son mejores que los obtenidos anteriormente.

A su vez, la utilización de un número menor de variables puede ser beneficioso para elaborar la red más conveniente, incluso habiendo una reducción pequeña, especialmente debido a la voluntad en las líneas aéreas para reducir la cantidad de variables a controlar y mejorar la calidad de los registros al mismo tiempo. Esto es válido en particular para el caso de Aerolíneas Argentinas, donde al ser entrevistados los profesionales a cargo mencionaron como uno de los principales inconvenientes para la optimización de operaciones la generación de más información de la que se puede llegar a procesar. Así y todo, al acotar el número de variables a estudiar a solamente cinco, y habiendo tomado la duración total del vuelo sin discriminar en las distintas etapas, se puede considerar que cualquiera de las alternativas propuestas cumple con dicho requisito.

El proceso de automatización en la limpieza de datos también exhibe una versatilidad considerable en comparación con el método de limpieza manual utilizado anteriormente, lo cual permitió abocarse con mayor profundidad al desarrollo de la red y ahorrar tiempo en procesos de selección de datos. Es un objetivo en curso del trabajo de investigación el llevar a cabo un análisis de sensibilidad con los resultados obtenidos, para poder determinar con mayor precisión el potencial impacto económico que su implementación profesional podría conllevar, pero debido a restricciones de tiempo, no pudo ser explorado con profundidad al momento de publicación de este informe.

6. ANEXO.

DepArr	Repeticiones
AEPIGR	1056
BHIAEP	1098
AEPBHI	1107
BRCAEP	1332
NQNAEP	1412
AEPNQN	1421
TUCAEP	1464
CORAEP	1479
AAPTUC	1488
AEPCOR	1522

Tabla 2 Códigos de aeropuertos de salida y llegada correspondientes a las rutas más frecuentes y su cantidad de repeticiones en la base de datos.



Figura 2 Gráficos de frecuencia para las distintas rutas, que muestra la concentración en repeticiones de algunas en particular y la escasez de otras.

			R2 Training	R2 Validation	R2 Testing	MAE Training	MAE Validation	MAE Testing
Cantidad de capas red 1	1	Cantidad de neuronas capa 1	0.9522	0.9516	0.9540	2.521.357	2.528.006	2.528.006
		Cantidad de neuronas capa 2						
Cantidad de capas red 2	1	Cantidad de neuronas capa 1	0.9515	0.9508	0.9540	2.566.716	2.584.887	2.635.146
		Cantidad de neuronas capa 2						
Cantidad de capas red 3	1	Cantidad de neuronas capa 1	0.8895	0.8925	0.8938	3.167.214	3.147.423	309.514
		Cantidad de neuronas capa 2						
Cantidad de capas red 4	2	Cantidad de neuronas capa 1	0.9518	0.9510	0.9542	2.468.302	2.480.436	2.433.896
		Cantidad de neuronas capa 2						
Cantidad de capas red 5	2	Cantidad de neuronas capa 1	0.8629	0.8765	0.8632	3.410.574	3.345.951	3.387.178
		Cantidad de neuronas capa 2						

Tabla 3 Resultados de pruebas de redes con distintas cantidades de neuronas y capas, detallando ajustes y errores (muestra de los experimentos realizados).

Optimizer	R2 Train	R2 Validation	R2 Test	MAE Train	MAE Validation	MAE Test
Adam	0.9531	0.9522	0.9553	2.456.456	2.473.789	2.425.755
SGD	0.9355	0.9350	0.9378	2.696.237	2.701.803	2.660.001
RMSprop	0.9502	0.9501	0.9525	2.560.821	2.562.892	2.524.359
Adagrad	0.9528	0.9525	0.9553	2.471.958	2.478.055	2.439.584
Adadelta	0.9502	0.9498	0.9521	2.596.874	2.594.968	2.561.161
Adamax	0.9521	0.9512	0.9548	2.476.802	2.500.572	2.435.723
Nadam	0.9489	0.9486	0.9505	2.629.009	2.634.754	2.608.126

Tabla 4 Resultados de pruebas de redes con distintos optimizadores, detallando ajustes y errores (muestra de los experimentos realizados).

7. REFERENCIAS.

- [1] Alsúa, S. E. & CO. (2018). "Redes Neuronales como una herramienta para el pronóstico de consumo de combustible en aeronave comercial". *COINI*. Córdoba, Argentina.
- [2] Weber B. (2019). "MATLAB vs Python: Why and How to Make the Switch" [Online]. Available: <https://realpython.com/matlab-vs-python/>
- [3] Potdar K., Pardawala T. S. & Pai C. D. (2017). "A Comparative Study of Categorical Variable Encoding Techniques for Neural Network Classifiers". *International Journal of Computer Applications. Volumen 175, 7-9, 4*.
- [4] Kingma, D. P. & Ba, J. (2015). "Adam: A Method for Stochastic Optimization". *3rd International Conference for Learning Representations*. San Diego, Estados Unidos.

Desarrollo de fórmulas para la medición de operaciones. Caso de aplicación en una Industria de muebles y accesorios de la Región Centro.

Bangert, Vanesa; Álvarez, Gabriela; Tibaldo, Aldana

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.

Lavaisse 610. vjbangert@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

La gestión de la productividad requiere tareas de medición, las cuales a su vez son parte de los procesos de control. “En el siglo XXI, la productividad es sin duda una de las preocupaciones más importantes de los administradores en muchas partes del mundo; hasta en Japón, país admirado por sus mejoras en la productividad, están preocupados por mantenerse competitivos en el mercado mundial”. [1]. Una de las opciones para aumentar la productividad se basa en la mejora de los tiempos de producción; en pos de lograr dicho objetivo, una alternativa es utilizar el desarrollo de fórmulas. “La construcción de una fórmula implica el diseño de una expresión algebraica que establece un tiempo estándar antes de la producción, sustituyendo valores conocidos propios de la tarea para los elementos variables”. [2]. Esta metodología tiene aplicaciones puntuales en el trabajo no repetitivo, es decir, casos en los cuales no es práctico definir estándares para cada tarea con un estudio de tiempos individual.

Sobre este planteo y en el marco de un Proyecto de Investigación y Desarrollo, un grupo de docentes investigadores y estudiantes avanzados en la carrera de ingeniería industrial, se encuentra trabajando en una propuesta de desarrollo de fórmulas que aplique a diversas líneas de producción en una fábrica de “muebles y accesorios”.

Palabras Claves: Productividad – Estándares – Fórmulas – Gestión – Operaciones

ABSTRACT

Productivity management requires measurement tasks, which in turn are part of the control processes. “In the 21st century, productivity is undoubtedly one of the most important concerns of managers in many parts of the world; even in Japan, a country admired for its productivity improvements, they are worried about staying competitive in the world market”. [1]. One of the options to increase productivity is based on the improvement of production times; In order to achieve this objective, an alternative is to use the development of formulas. “The construction of a formula implies the design of an algebraic expression that establishes a standard time before production, replacing known values of the task for the variable elements.” [2]. This methodology has specific applications in non-repetitive work, that is, cases in which it is not practical to define standards for each task with an individual time study.

On this approach and within the framework of a Research and Development Project, a group of research teachers and advanced students in the career of industrial engineering, is working on a proposal for the development of formulas that apply to various production lines in a factory of “furniture and accessories”.

1. INTRODUCCIÓN

Ante las nuevas características del entorno, muchas empresas se ven obligadas a buscar formas, diferentes de las habituales, para enfrentar los grandes desafíos de un mercado altamente competitivo. En efecto, la productividad es una de las preocupaciones más importantes de los administradores en muchas partes del mundo; hasta en Japón, país admirado por sus mejoras en la productividad, están preocupados por mantenerse competitivos en el mercado mundial. Esta preocupación surge ya que, un negocio o empresa, puede incrementar sus ganancias, aumentando la cantidad de producción por hora de trabajo invertida.

Las contribuciones de pioneros de la administración de la producción y de operaciones como Frederick Taylor, Henry Gantt y Frank Gilbreth, indicaron que el interés debe radicar sobre todo en mejorar la productividad y manufacturar productos con la mayor eficiencia, al mismo tiempo que reconocían la importancia del factor humano como insumo indispensable. En consecuencia, determinaron que cualquier relación que exista entre las personas, materiales y recursos a través de la aplicación inteligente de métodos, estándares y diseño del trabajo, va a permitir una mejora de la productividad. [1]

Según Nibel [2], el área de producción de una industria es clave para su éxito. En ella los materiales son solicitados y controlados; la secuencia de las operaciones, de las inspecciones y de los métodos es determinada; las herramientas son solicitadas; los tiempos asignados; el trabajo es programado, asignado y se le da seguimiento; y la satisfacción del cliente es mantenida con productos de calidad entregados a tiempo.

El Estudio de Trabajo es un método sistemático de optimización de procesos, es un medio para incrementar la productividad mediante metodologías de reorganización del trabajo (secuencia y método), que requieren un mínimo o ninguna inversión de capital para infraestructura, equipo y herramientas. Comprende un conjunto de técnicas, en particular el Estudio de Métodos y la Medición del Trabajo, que se emplean para examinar el trabajo humano en todos sus contextos, y que permiten investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

La Medición del Trabajo es la técnica más importante que se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y de esta manera averiguar el tiempo requerido por la misma. De esta forma se fija el tiempo estándar de ejecución de las operaciones, el cual representa el tiempo requerido por un operario de tipo medio, plenamente calificado y trabajando a ritmo normal para realizar una tarea determinada.

La finalidad de estandarizar el tiempo es de tener una base para la programación del trabajo, determinar los costos estándar de mano de obra y de ahí, sustentar los incentivos para el personal. A su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado. Las técnicas utilizadas por el estudio del trabajo, contribuyen a disminuir tiempos de producción, a mejorar la eficiencia de los procesos y a optimizar el consumo de los recursos; es decir, ayudan a incrementar la productividad de la organización.

Por otro lado, en una era donde la frontera tecnológica corre su límite a cada momento, los desafíos que enfrentan países como la Argentina para la inserción internacional de su producción son cada vez mayores. En este sentido, es clave focalizar los esfuerzos de gestión para hacer cada vez más eficientes todos los procesos de las industrias del país.

En particular, esta presentación se desarrolla en el marco de la industria de la madera y el mueble; específicamente es uno de los resultados de la ejecución del PID “Modelo de eficiencia de producción en industrias madereras. Caso de aplicación en Pyme de la Región Centro” [3]. Este PID se desarrolla en el Laboratorio de Análisis de Métodos, Tiempos y Ergonomía (LAMTER), perteneciente al Departamento de Ingeniería Industrial de la UTN-FRS. Dicho proyecto de investigación surge a partir de un Estudio de Tiempos y Métodos en una fábrica de “Muebles y accesorios” ubicada en la ciudad Crespo, provincia de Entre Ríos.

El mencionado estudio fue solicitado al LAMTER ya que la empresa no lograba cumplir con la planificación de la producción, debido principalmente, a desviaciones entre los tiempos estándar de procesamiento que tenían registrados frente a los que realmente requería la producción diaria.

A partir de lo expuesto, el objetivo de la presente publicación es generar un desarrollo de fórmulas a partir del tiempo estándar obtenido en un estudio de tiempos, en el sector “Lijado de Fondo” de la línea Blanca, que permita ser aplicado a otros modelos que requieren idéntico tratamiento.

2. MARCO CONCEPTUAL

Para realizar un estudio de tiempos deben cumplirse ciertos requisitos fundamentales. El operario debe estar familiarizado por completo con la operación que se va a estudiar, y el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use, antes de iniciar el estudio. Asimismo, el analista debe comunicar al sindicato, al supervisor del sector y al operario, que se realizará un estudio de tiempos. El operario debe verificar que está realizando la operación de forma correcta y el supervisor debe verificar el método, asegurando que la alimentación, la velocidad, los elementos de trabajo, etc., cumplen con las prácticas estándar, como lo establece la Empresa. Una vez delimitados los

elementos se puede dar comienzo a la toma de tiempo con cronómetro. Existen dos procedimientos principales: el cronometraje acumulativo y con vuelta a cero.

Es necesario calificar el desempeño del operario, para ello se toma como punto de comparación el desempeño de un operario "normal". "Un operario normal se define como un operario calificado, experimentado que trabaja en las condiciones acostumbradas, a un paso ni muy lento, ni muy rápido, sino representativo del promedio". Entonces al Tiempo Observado (TO) afectado por el desempeño, se lo llama Tiempo Normal (TN), y a continuación se muestra su Ecuación (1):

$$TN=TO \times \frac{C}{100} \quad (1)$$

Donde C es la calificación expresada en porcentaje.

Como ningún operario puede mantener un ritmo promedio todos los minutos del día de trabajo, y además el estudio de tiempos se toma en un período relativamente corto y los elementos extraños se eliminan cuando se determina el tiempo normal, debe añadirse un suplemento al tiempo normal que permita determinar un estándar justo, que el trabajador pueda lograr con facilidad. Los mismos son tomados de la tabla ILO. (International Labour Office).

Entonces al Tiempo Normal (TN) afectado por los suplementos, se lo llama Tiempo Estándar (TS) (Ecuación (2)):

$$TS=TN \times (1+S) \quad (2)$$

Donde S es el suplemento, y está expresado en porcentaje sobre 100.

Dichos valores referenciales o estándares, permiten el desarrollo sistemático de nuevos centros de trabajo y el mejoramiento de los métodos utilizados; ya que, una vez determinados, hacen posible la cuantificación precisa del ahorro obtenido aún antes de realizar alguna modificación.

Las compañías deben usar los estándares al planear sus objetivos, comparar métodos alternativos, desarrollar una distribución de planta efectiva, determinar capacidades, comprar nuevos equipos, balancear la fuerza de trabajo con el trabajo disponible, controlar la producción, implantar nuevos incentivos e instituir costos estándar y controles de presupuesto.

Una fórmula de estudio de tiempos puede establecer los estándares en una fracción del tiempo que requieren los estudios individuales. Una ventaja de las fórmulas sobre los datos estándar es que una persona menos capacitada (y menos costosa) puede introducir los datos en las fórmulas más rápidamente que sumando los datos estándar de los elementos. Además, como las columnas de cifras deben sumarse en el método de datos estándar, existe una mayor posibilidad de omisiones o errores aritméticos cuando se establece un estándar que cuando se aplica una fórmula.

El primer paso para construir una fórmula es identificar las variables dependientes e independientes involucradas. En razón de que el analista está preocupado por establecer tiempos estándar, con frecuencia la variable dependiente será el tiempo. En seguida, los datos se colocan en una hoja de cálculo (por ejemplo, Microsoft Excel) para analizar las constantes y variables. Las constantes se identifican y se combinan, mientras que las variables se analizan para extraer los factores que influyen en el tiempo expresados en forma algebraica. Cuando se grafica la curva del tiempo contra la variable independiente, el analista puede deducir las relaciones algebraicas potenciales. Por ejemplo, los datos graficados pueden tomar cierto número de formas: una línea recta, una tendencia no lineal creciente o decreciente; una forma geométrica que no resulta obvia. Si la gráfica muestra una tendencia creciente no lineal, entonces deben probarse las relaciones de potencias. En el caso de las tendencias decrecientes no lineales, deben intentarse potencias negativas o exponenciales negativos.

Después de completar la fórmula, los analistas deben verificarla antes de liberarla para su uso. La manera más fácil y rápida de probar una fórmula es usarla para examinar los estudios de tiempo existentes. Cualquiera de las diferencias marcadas (aproximadamente 5%) entre el valor de la fórmula y el del estudio de tiempos deben investigarse. Si la fórmula no tiene la validez esperada, el analista debe acumular datos adicionales realizando más estudios con cronómetro o estudios de datos estándar. El último paso del proceso de desarrollo de la fórmula es escribir su informe. El analista debe consolidar todos los datos, cálculos, derivaciones y aplicaciones de la fórmula y presentar esta información en un informe completo antes de ponerla en uso. La presentación permite que estén disponibles todos los hechos del proceso empleado, las condiciones de operación y el alcance de la fórmula. [2]

3. METODOLOGÍA.

En primer lugar, se realiza un análisis preliminar de los datos considerando la actividad principal de la empresa, que es la producción de muebles para baños, los cuales incluyen una variada y completa gama de botiquines, vanitory, armarios, alacenas, repisas, etc. La cartera de productos se puede dividir en una primera instancia en tres grupos según los materiales y/o las características de terminación que poseen: laqueados, melamínicos o mixtos.

El proceso productivo para todos los modelos es el mismo, exceptuando los modelos que tienen una terminación laqueada, y requieren de una preparación previa a la aplicación de la pintura final, requiriendo operaciones de lijado, desempolvado y control de calidad de las piezas terminadas, las cuales se realizan en el sector denominado Lijado de Fondo.

En el transcurso de dicho estudio, se analizó la situación actual de cada uno de los sectores de la Planta, tanto los de mecanizado (en su totalidad automatizados) como los de operaciones manuales, siendo éstos últimos los que presentan mayores oportunidades de mejora debido a los elevados tiempos de elaboración (preparación y/u operación), movimientos o traslados innecesarios, altos niveles de stock en proceso y grandes cantidades de retrabajos de partes.

Luego, en particular se analizaron y procesaron los datos obtenidos en el estudio de tiempos del sector de lijado, agrupando las piezas en función de sus procesos productivos y características de diseño.

4. DESARROLLO.

Tal como se mencionó en la Introducción del presente documento, el objetivo de esta publicación se basa en Generar un desarrollo de fórmulas a partir del tiempo estándar obtenido en un estudio de tiempos, en el sector “Lijado de Fondo” de la línea Blanca, que permita ser aplicado a otros modelos que requieren idéntico tratamiento.

En la Línea Blanca, el sector Lijado de Fondo (operaciones: pintado de fondo, lijado de fondo, desempolvado) representa un 42% del tiempo del proceso total de fabricación.

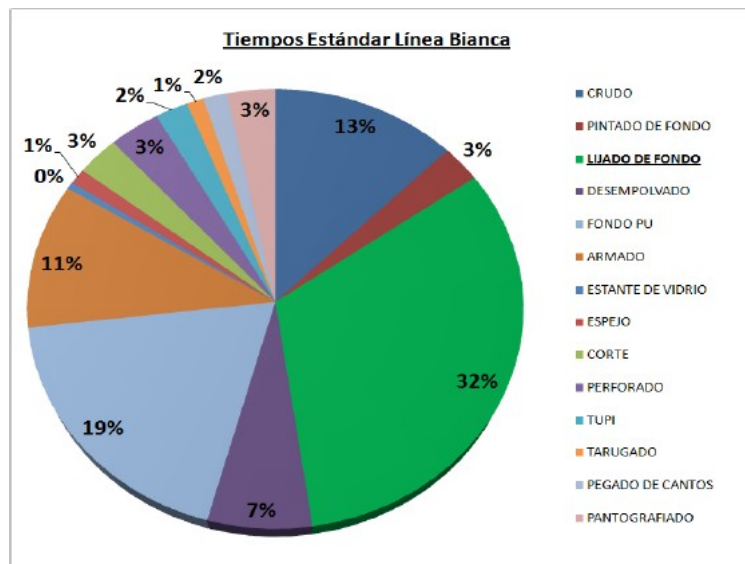


Figura 1. Porcentajes de tiempos estándar de todos los procesos de la Línea Blanca.

De igual manera, si de esta línea se tomaran solo los tiempos de las operaciones manuales, el sector Lijado de Fondo representa un 49% del total de los mismos, tal como se observa en la Figura 2.

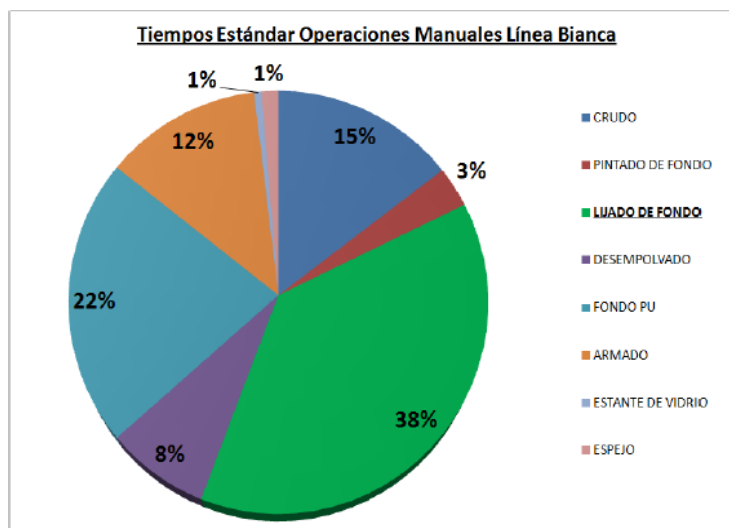


Figura 2. Porcentajes de tiempos estándar de todas las operaciones manuales de la Línea Blanca.

En base a lo expuesto anteriormente, se analizó la familia de productos de la Línea Blanca, los cuales presentan la codificación mostrada en la Tabla 1; y en la Tabla 2, se identifican las partes de los productos que requieren la terminación de laqueado.

Tabla 1. Código Alfanumérico Línea Blanca

Código	Descripción
B41	Botiquín 41
B51	Botiquín 51
B52	Botiquín 52
B53	Botiquín 53
B61	Botiquín 61
B62	Botiquín 62
B63	Botiquín 63
B64	Botiquín 64
B71	Botiquín 71
B72	Botiquín 72
B73	Botiquín 73
B81	Botiquín 81
B82	Botiquín 82
B83	Botiquín 83

Tabla 2. Partes de la Línea Blanca que requieren el proceso "Lijado de Fondo".

Línea Blanca/Botiquines
Lateral izquierdo
Lateral derecho
Lateral interno
Puerta ciega
Puerta con vidrio/espejo
Frente de cajón
Techo de óptica
Frente de techo
Repisa
Techo
Estante fijo

Luego, se analizaron, a través del Informe proporcionado por el LAMTER [4], las medidas de los componentes de los botiquines pertenecientes a la Línea Blanca, los cuales se someten al proceso de Lijado de Fondo (laterales, puertas, frentes, techo y estantes fijos). Esto dejó en evidencia que existe una relación entre el tiempo estándar y la superficie de cada componente. Pero aún más sorprendente fue observar que algunas partes, las cuales contaban con la misma superficie, no tenían el mismo tiempo estándar. Esto sucede ya que, por ejemplo, el fondo de un botiquín no requiere el mismo trabajo, esmero y calidad que la puerta del mismo. En consecuencia, se procede a analizar el tiempo estándar respecto a la superficie de cada componente, independientemente del botiquín para el cual sea fabricado.

A continuación, se observa desde la Tabla 3 hasta la Tabla 10, la relación que existe entre el tiempo estándar y la superficie de cada componente. Asimismo, se calcula el coeficiente de determinación o de correlación múltiple (r^2), el cual indica cuán más cercano a 1 es el valor, más positivamente se ajusta el modelo a sus datos.

Tabla 3. Datos Lateral izquierdo.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Lateral izquierdo		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm2]
B41	1,82	75576
B51	5,34	144668
B52	2,70	83972
B53	5,34	144668
B61	1,73	75576
B62	2,70	83972
B63	6,26	169568
B64	6,26	169568
B71	2,70	77988
B72	2,70	77988
B73	3,05	91138
B81	6,26	169568
B82	3,05	91138
B83	6,26	169568
Coefficiente r2=		0,981685938

Tabla 4. Datos Lateral derecho

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Lateral derecho		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm2]
B41	1,82	75576
B51	5,34	144668
B52	4,65	144668
B53	5,34	144668
B61	1,73	75576
B62	4,65	144668
B63	2,61	91138
B64	2,61	91138
B71	4,65	144668
B72	2,33	77738
B73	2,61	91138
B81	2,53	91138
B82	2,61	91138
B83	2,61	91138
Coefficiente r2=		0,964482307

Tabla 5. Datos Puertas Centrales.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Puertas		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm2]
B41	1,30	30934
B61	1,01	23874
B61	0,65	20400
B62	6,92	84726
B63	8,06	98606
B64	6,60	80700,8
B72	6,92	84726
B73	6,60	80700,8
B81	8,06	98606
B82	8,06	98606
B83	6,60	80700,8
Coefficiente r2=		0,997363455

Tabla 6. Datos Puerta Ciega

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Puerta Ciega		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm2]
B52	6,20	124510,8
B71	6,20	124510,8

Tabla 7. Datos Techo/Techo de óptica.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Techo/ Techo de óptica		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm2]
B41	2,84	81452
B51	1,52	54026
B52	1,52	54026
B53	1,52	54026
B61	3,86	116612
B61	2,21	65802
B62	2,21	65802
B63	2,21	65802
B64	2,20	77826
B71	2,20	77826
B72	2,20	77826
B73	2,20	77826
B81	2,53	89726
B82	2,53	89726
B83	2,53	89726
Coefficiente r2=		0,86966802

Tabla 8. Datos Repisa.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Repisa		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm ²]
B41	2,84	81452
B51	3,47	89192
B52	3,47	89192
B53	3,47	89192
B61	3,86	105812
B71	4,77	122432
B72	5,16	122432
B73	5,16	122432
B81	5,41	139052
B82	5,41	139052
B83	5,41	139052
Coefficiente r2=		0,958574496

Tabla 9. Datos Frente Cajón.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Frente Cajón		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm ²]
B53	5,19	104152
B64	2,04	41002
B83	2,04	41002
Coefficiente r2=		1

Tabla 10. Datos Frente Techo.

Operación: Lijado de Fondo+Masillado		
Frente Techo		
Botiquín	Tiempo estándar [min/pieza]	Superficie [mm ²]
B51	3,31	69188
B52	3,31	69188
B53	3,31	69188
B62	3,63	82128
B63	3,63	82128
B64	3,63	82128
B71	4,20	95068
B72	4,20	95068
B73	4,20	95068
B81	4,77	108008
B82	4,77	108008
B83	4,77	108008
Coefficiente r2=		0,985104457

5. RESULTADOS

Analizados todos los datos presentados en el apartado anterior se propone desarrollar las siguientes fórmulas para el logro del objetivo planteado:

- Tiempo estándar del lateral vs. Superficie del lateral.
- Tiempo estándar de la puerta central vs. Superficie de la puerta central.
- Tiempo estándar del techo y repisas vs. Superficie del techo y repisas.
- Tiempo estándar frente cajón y frente techo vs. Superficie frente cajón y frente techo.

Para ello, mediante un gráfico de dispersión, se graficarán los puntos mostrados en las Tablas del apartado 3. Metodología, con el fin de obtener una línea de tendencia que muestre la superficie de cada componente en función del tiempo estándar. Una vez encontrada la línea de tendencia, se obtendrá la fórmula matemática final.

A continuación, se desarrollan las funciones matemáticas (Ecuación 3 a 7), asimismo, desde la Figura 3 a la 6 se observan los gráficos correspondientes a cada ecuación.

T_i =tiempo estándar del/de los componente/s; S_i =superficie del/de los componente/s.

Coefficiente $r^2= 0,97$

Función Matemática (Ecuación (3)):

$$T_1 = 4. 10^{-05}S_1 - 1,2289 \tag{3}$$

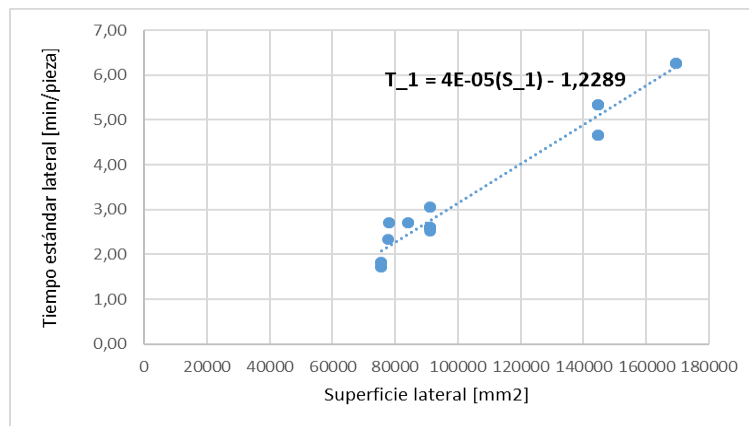


Figura 3. Tiempo estándar del lateral vs Superficie del lateral.

Coefficiente $r^2= 0,99$

Función Matemática (Ecuación (4)):

$$T_2 = 10^{-04}S_2 - 1,3996 \tag{4}$$

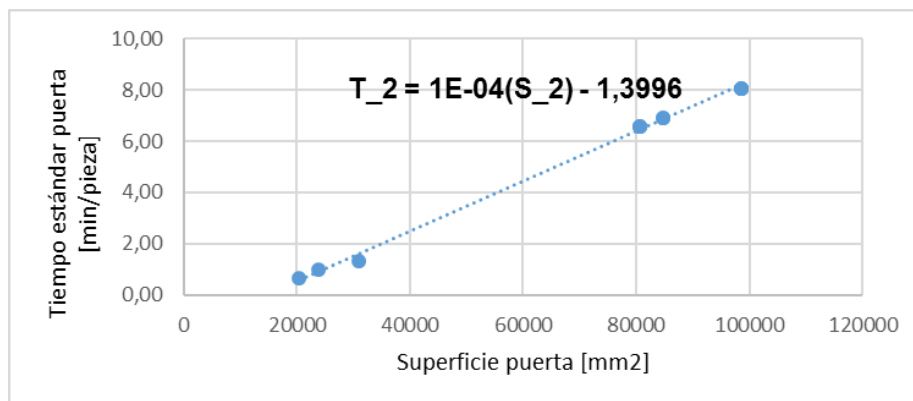


Figura 4. Tiempo estándar de la puerta central vs Superficie de la puerta central.

Coeficiente $r^2= 0,93$

Función Matemática (Ecuación (5)):

$$T_3 = 5.10^{-05}S_3 - 1,1699 \tag{5}$$

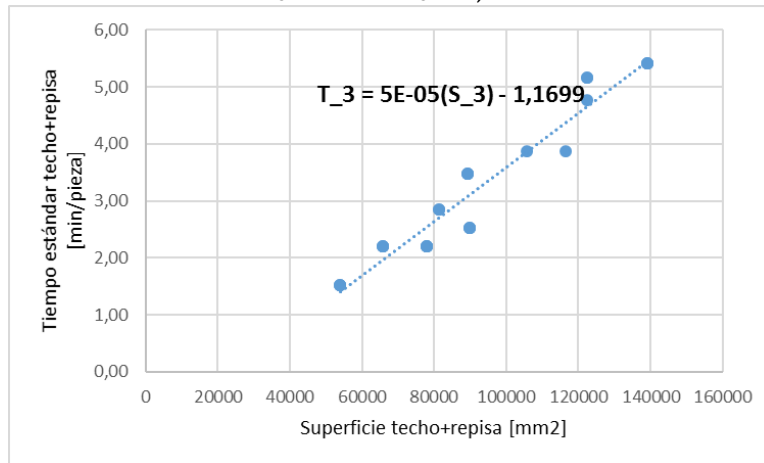


Figura 6. Tiempo estándar del techo y repisas vs Superficie del techo y repisas.

Coeficiente $r^2= 0,99$

Función Matemática (Ecuación (6)):

$$T_4 = 4.10^{-05}S_4 - 0,3357 \tag{6}$$

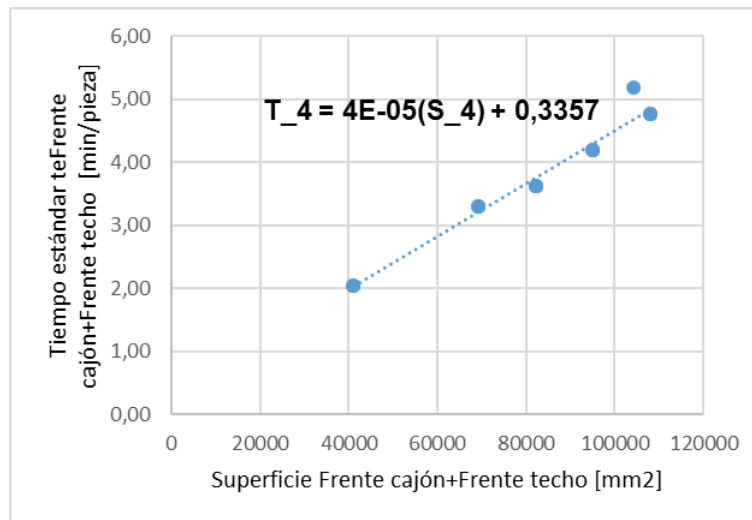


Figura 7. Tiempo estándar del frente cajón y frente techo vs Superficie del frente cajón y frente techo

$$T_{PC} = \frac{S_{PC} \cdot 6,20}{124510,8} \tag{7}$$

La fórmula final que permitirá conocer en cuánto tiempo se producirá cualquier componente laqueado, independientemente del modelo del botiquín, está dada por la Ecuación (8):

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_{PC} \quad (8)$$

6. CONCLUSIONES.

El resultado de la aplicación del concepto de “Desarrollo de fórmulas”, tomando como base de datos una serie de mediciones reales obtenidas en estudios de tiempos realizados en la Planta de Producción, es altamente satisfactorio, y su análisis se transforma en una herramienta poderosa para la toma de decisiones estratégicas para esta empresa de manufactura. Tal como lo menciona García Criollo [6] la ventaja de usar fórmulas de tiempo, en lugar de los estudios de tiempos individuales para la determinación de tiempos estándar, radica en la obtención de tiempos más consistentes y en la posibilidad de establecer estimaciones rápidas y exactas para costos de mano de obra, antes de empezar la producción. Como así también encomendar la determinación de estos tiempos a personal dentro de la empresa con menos experiencia y adiestramiento en el tema. El método desarrollado para generar la fórmula final nos lleva a una expresión matemática que expresa taxativamente lo relevado en el estudio realizado en la planta.

Esta relación biunívoca entre datos de la planta y una expresión matemática, se transforma en una herramienta fundamental para el cálculo previo y toma de decisiones en temas tales como:

- Establecer tiempos estándares de nuevos productos previamente a su fabricación.
- Disponer de datos certeros e inequívocos de la capacidad de la planta productiva en todo momento y racionalizar los recursos de Máquinas y Mano de obra en función de la demanda diaria del mercado, gestionando la productividad del negocio con información real diariamente.
- Desarrollar nuevos diseños de métodos de trabajo y medir previamente la incidencia de la mejora en los procesos y en los costos de productos de una familia.
- Analizar costos y establecer precios certeros de los productos en etapas de cotización, lo que nos permite un mejor posicionamiento frente al cliente y la competencia.

Finalmente, es clave tener presente que, al utilizar fórmulas de tiempo se debe evitar caer en la tendencia natural a considerar como constantes muchos elementos que no lo son, lo cual genera por ello tiempos erróneos, y en ocasiones existe el peligro de aplicar la fórmula más allá de los límites para los cuales se estableció.

7. REFERENCIAS.

[1] Koontz, Harold, Weihtich, Heinz, Cannice, Mark. (2012). “*Administración, una perspectiva global y empresarial*”. México. 14° Edición. Ed. McGraw-Hill.

[2] Niebel, Benjamin, Freivalds, Andris. (2009). “*Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*”. México. 12° Edición. Ed. McGraw-Hill.

[3] Bangert, Vanesa; Bustaber, Raúl. PID: 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.

[4] Anexo de datos estándares generado por el Laboratorio de Análisis de Métodos, Tiempos y Ergonomía (LAMTER). (2018)

<https://drive.google.com/open?id=1R-nvwYg9aU-fFqDsikYOKanLSEIe08K5>

[5] Monti, Luciana. (2018). “*Optimización del proceso de Lijado de Fondo en la Empresa Schneider S.R.L.*”. Proyecto Final de Carrera. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe.

https://drive.google.com/open?id=1Iugr36t9o9pmE_n2SQKShkcmPn6KfHMo

<https://drive.google.com/open?id=1WjBQLZH-JU8sUn3ArqiygtWaW7VIWGBf>

[6] García Criollo, Roberto (2005) “*Estudio del trabajo Ingeniería de Métodos y medición del trabajo*”. 2° Edición. Ed. Mac Graw-Hill Interamericana de España S.L.

Aplicación de la teoría de grafos y la programación lineal en la planificación de recolección de basura

Andrés Caminos (*), Verónica Forchino, Nahuel Romera

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Santa Cruz (UTN-FRSC),
Avda. Inmigrantes 555, (9400) Río Gallegos,
Santa Cruz, Argentina
e-mail: andres.caminos@gmail.com

Resumen

En este trabajo mostramos como la Programación Lineal Entera (PLE) permite dimensionar la fuerza de trabajo (equipos y personas) necesaria para realizar una total recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) de una ciudad del interior del país basada en el método de recolección por acera o casa por casa. Una vez identificada la fuerza de trabajo y recursos necesarios, aplicamos la metodología de grafos dirigidos conocida como “Problema del Cartero Chino” (CPP) para poder optimizar el recorrido de un camión de recolección de RSU sobre un sector de la ciudad planificado según criterios de medio ambiente por las autoridades responsables. El método del cartero chino permite encontrar la ruta óptima de cómo un camión recolector debe recorrer las calles siguiendo su sentido de circulación y restricciones viales para minimizar la distancia total a recorrer y, con una estimación actualizada de crecimiento demográfico, se puede estimar la cantidad de RSU a recolectar, el tiempo de recolección, la cantidad de recursos humanos y si es necesario realizar más de un viaje para completar el total de basura a recolectar, según la capacidad del vehículo. Se usa software de libre disponibilidad para resolver ambos modelos conocidos como Planificación de Recursos de Recolección y Microruteo. Se comparan ventajas y desventajas contra otros métodos como el Problema del Viajante de Comercio (TSP) a fin de poder definir qué modelo aplicar en cada caso. La aplicación de los modelos se realiza sobre la ciudad de Río Gallegos con perspectiva de crecimiento hacia 2020 y usando la capacidad de recolección disponible. La recomendación final será la disponibilidad de una herramienta sencilla con la cual una municipalidad de ciudades chicas puede utilizar para optimizar el uso de sus servicios de recolección de RSU.

Palabras Claves: Programación Lineal, Cartero Chino, Grafos Dirigidos, Optimización, Residuos

Abstract.

In this work we show how the Integer Linear Programming (ILP) allows us to size the work force (equipment and people) necessary to perform a total urban solid waste collection (USW) of a city in the interior of the Argentine country based on the method of collection by sidewalk or house by house. Once the necessary workforce and resources have been identified, we apply the directed graph methodology known as the “Chinese Postman Problem” (CPP) in order to optimize the route of an USW collection truck over a sector of the city planned according to criteria of environment by the responsible authorities. The method of the Chinese Postman allows you to find the optimal route of how a collection truck should travel the streets following its sense of traffic and road restrictions to minimize the total distance to be traveled and, with an updated estimate of population growth, the amount of USW to be collected, the time of collection, the amount of human resources and if it is necessary to make more than one trip to complete the total garbage to be collected, depending on the capacity of the vehicle. Free availability software is used to solve both models known as Collection Resource Planning and Micro Routing. Advantages and disadvantages are compared against other methods such as the Traveler Salesman Problem (TSP) in order to define which model to apply in each case. The models are applied on the city of Río Gallegos with a growth perspective towards 2020 and using the available collection capacity. The final recommendation will be the availability of a simple software tool with which a municipality of small cities can use to optimize the use of its USW collection services.

1. Introducción

Una de las partes fundamentales en el ámbito de la gestión urbanística hoy en día es la recogida o recolección y gestión de residuos sólidos urbanos (RSU). Todas las personas generamos gran cantidad de residuos tanto orgánicos como inorgánicos o reciclables y es necesaria una completa gestión de dichos residuos, hasta su disposición final.

Con una buena gestión de RSU se pueden utilizar los residuos orgánicos como **enmienda o compost orgánico**, fertilizante en cultivos, sustrato para plantas en macetas, mejora del suelo agrícola, generación de energía, producción de gas de síntesis, biogás, etc. Pero esta gestión no está totalmente centralizada. Los residuos inorgánicos pueden ser reciclados y ser reutilizados tal es el caso de metales, plásticos, cartón, papel, etc.

Hay una gran cantidad de reglamentos y leyes que describen cómo debería de hacerse la gestión de RSU a grandes rasgos, incluyendo características concretas que deberían de tener en cuenta los sistemas sobre todo en función de la población que exista en el lugar en cuestión. De dicha gestión de residuos normalmente se encargan los consejos deliberantes de cada municipio.

Cada uno de los municipios tiene uno o más convenios con una o varias empresas que gestionan la recolección de sus residuos, o bien tienen sus propios vehículos, personal y depósitos para realizar las labores de recogida y gestión.

El problema que genera esta vaga descripción de las obligaciones y responsabilidades con respecto a la recogida de residuos es que hay municipios que no le están prestando la debida atención, llegando incluso a carecer de estos servicios. Otros municipios en cambio, utilizan camiones de uso general para la recolección y depositan estos residuos en lugares abiertos a los que llaman "basurales" o "vaciaderos" y en grandes ciudades los conocemos como "rellenos sanitarios". También existen otros municipios, especialmente grandes capitales que tienen políticas consensuadas de recolección de residuos y su posterior gestión basada en políticas de cuidado del medio ambiente, reciclado y tratamientos fisicoquímicos de reducción de potencial contaminante.

A raíz de este problema, surgen gran cantidad de alternativas que se pueden aplicar para optimizar de una u otra forma esta planificación de la recogida de residuos. Por ejemplo, se puede tener en cuenta el costo que supone tener más o menos vehículos para realizar la recogida de residuos, en función de, si conviene realizar las labores en un determinado tiempo; de la distancia a recorrer por cada vehículo; del costo que supone mantener dichos vehículos; de la cantidad de personal necesario, etc. Con el fin de reducir todos estos inconvenientes, se busca optimizar todo lo posible en ese campo. Es muy importante tratar de buscar qué requerimientos es conveniente tener en cuenta para cada problema particular.

A través de este trabajo se busca investigar en el ámbito de la recogida o recolección de residuos en zonas mixtas urbanas y suburbanas. Para este tipo de problemas es necesario aplicar técnicas heurísticas debido a la complejidad que conllevan y porque no existen soluciones exactas o no se obtienen en un tiempo razonable. Si bien el objetivo principal es mejorar la planificación de rutas para reducir los costos ya sean de ahorrar en distancias, en tiempo de trabajo, en distancia recorrida, cantidad de personal y otras variables de interés, también es importante dimensionar la fuerza de trabajo necesaria para las tareas de recolección total de residuos. El aprovechamiento de los RSU, posterior a la recolección, queda fuera de este trabajo.

Muchos problemas de decisión existentes en el mundo real, en particular aquellos relacionados con la producción, rutas de vehículos, logística, planificación, etc. pueden ser formulados como problemas de optimización. En este trabajo nos encontramos con un problema de Optimización Combinatoria [1], una clase dentro de los numerosos problemas de optimización. En estos problemas, las soluciones son consideradas variables discretas y el proceso de búsqueda de soluciones consiste en explorar el espacio de soluciones posibles del problema representado mediante listas, conjuntos, matrices o grafos. La Optimización Combinatoria va adquiriendo un creciente interés debido a las soluciones alcanzadas sobre diferentes problemas reales, así como el avance en el estudio teórico-práctico en diferentes áreas dentro de la Investigación Operativa.

Este proyecto surge de la necesidad de ayudar al municipio de Rio Gallegos, capital de la provincia de Santa Cruz, República Argentina a disponer de un modelo y un software de solución que les ayude en su labor de planificar la recolección de residuos sólidos urbanos. En dicho municipio actualmente no hay una gestión de residuos completamente sistematizada e implementada, por ejemplo, vía contenedores o lugares fijos de deposición de residuos sino un sistema de recogida de residuos puerta a puerta y en algunas calles se han instalado unos pocos contenedores especialmente en zonas con edificios de muchas viviendas. Este municipio dispone de una flota de vehículos propios de uso general y específicos para recolección con posibilidades

de compactación, con los que diariamente recorren todas las calles para la recogida de residuos. La frecuencia de recolección en algunas zonas es diaria, 2 veces por semana y otras más alejadas, 1 vez por semana.

2. Metodología

Las calles a recorrer por el vehículo de recolección en una zona asignada forman una red de puntos (viviendas, edificios, colegios, etc.) conectados según la dirección de circulación de las calles. Esta red forma un circuito en el cual se considera que un camión de recolección debe recorrer todas las calles siguiendo el sentido de circulación y, salir por un punto de la red, que, en nuestro caso asumiremos que el vehículo sale por el mismo nodo que inicia su recorrido. Este tipo de problemas puede ser representado como una red de grafos dirigidos, según la teoría de grafos [2].

Podemos resumir el problema según la siguiente pregunta: ¿Cuál debe ser el recorrido de un camión de recolección de RSU que, partiendo de un nodo de origen, recorra cada punto de disposición de basura domiciliaria de cada calle y regrese al nodo de origen con una medida de eficiencia optimizada? Esta medición de eficiencia puede interpretarse como: mínima cantidad de kilómetros recorridos, mínima cantidad de tiempo consumido, máxima cantidad de basura recolectada, etc.

Analizar el problema de programar las rutas de recolección implica primero determinar la cantidad de recursos necesarios para lograr recolectar toda la basura generada y posteriormente realizar el macro y microruteo en función de los recursos disponibles. Esto último, permite plantear dos enfoques complementarios

- 1) **Generación de Macrorutas.** Una macroruta es una forma de parcializar una ciudad para que en función de, vehículos disponibles (tipo y cantidad), densidad poblacional, cantidad de basura generada, etc., un municipio planifica como zonas posibles de recolección y con ello luego asigna los recursos necesarios. Este tipo de problemas puede asignarse usando la Programación Lineal Entera (PLE) y algunos algoritmos heurísticos, tratando balancear todas las variables comentadas. La lógica indica que la asignación de macrorutas debe surgir de las posibilidades de recolección, de la fuerza de trabajo disponible y criterios de urbanidad [8].
- 2) **Generación de Microrutas.** Una vez definida la zona donde una unidad de recolección debe realizar su trabajo, se trabaja sobre la mejor forma de realizar este trabajo definiendo una microruta, es decir la secuencia en que debe recorrerse la red para optimizar alguna medida de rendimiento. Para este último problema, microruteo, se han presentado muchos algoritmos y heurísticas, que, luego de evaluar sus ventajas, desventajas y limitaciones, se pueden resumir en dos grandes aplicaciones:
 - a) **Método del Viajante de Comercio o TSP** (por Traveler Salesman Problem en inglés) [4,5] cuyo propósito es recorrer los distintos nodos de la red minimizando alguna propiedad de rendimiento (tiempo, distancia, etc.). El problema con este método es que no está previsto que recorra el interior de cada calle donde hay varios puntos de almacenaje de basura domiciliaria, sino que está previsto para recorrer solo los nodos vértices de la red donde puede existir un contenedor que junta la basura de toda una calle donde existen varias viviendas. El modelo TSP recorre todos los nodos de la red y regresa al origen sin necesidad de formar ciclos internos que no están conectados con otros nodos. Dependiendo del tamaño de cantidad de nodos de la red, el tiempo de solución aumenta exponencialmente.
 - b) **Método del Cartero Chino o CPP** (por Chinese Postman Problem en inglés) [6,7] mediante el cual podemos imaginar a un cartero, o una persona que recorre medidores de electricidad, de gas o agua y que debe recorrer cada domicilio para facilitar la entrega o la medición y luego de haber recorrido todos los domicilios debe regresar al nodo de origen habiendo recorrido la mínima distancia o consumido el mínimo tiempo. Con este método no es posible que recorra cada nodo una única vez, sino que se permite que algunos nodos puedan ser utilizados más de una vez tratando de conseguir el propósito general. Es un proceso generalmente iterativo aplicando varios algoritmos.

Utilizando estos dos enfoques, cálculo de capacidad disponible y micro rutas, aplicaremos su utilización a la programación de recolección de basura de una ciudad pequeña del interior del país. Dejamos fuera de nuestro trabajo la programación de macrorutas, aunque podría ser modelada usando la Programación Lineal Entera, métodos heurísticos y criterios urbanísticos. Sugerimos la lectura del trabajo de tesis de Márquez Pérez [9] para una detallada explicación de cálculo de macrorutas.

3. Descripción del Problema

La ciudad de Rio Gallegos, capital de la Provincia de Santa Cruz en la patagonia de Argentina es nuestro objeto de análisis. No resulta fácil conseguir información sobre este tipo de servicio y procedimientos. Según información publicada a comienzos de 2018 por un diario local, en un reportaje al secretario de Obras Publicas del municipio, se estima que diariamente se producen 250,000 kilogramos de basura diarios, de los cuales unos 100,000 kilogramos corresponden a chatarra en forma de cartón, madera, vidrio, metales, plásticos, poda, materiales de construcción, etc. No hay cifras exactas, solo aproximadas, valuadas en función de la cantidad de viajes y el contenido máximo de cada camión. La basura no es pesada al ingreso al vaciadero.

La población de Rio Gallegos se estima en 118,406 personas para el año 2020 calculada según proyecciones y pronósticos de crecimiento desde el último censo de 2010 [3]. Esta cantidad de personas daría cuenta que diariamente se producen 2.11 kilogramos de residuos por persona, de los cuales 1.26 kilogramos corresponderían a residuos orgánicos sólidos degradables y 0.85 kilogramos a otros residuos de origen orgánico o inorgánico considerados como chatarra (vidrio, metales, plásticos, carbón, madera, restos de construcción, etc.).

En nuestro modelo consideraremos que la recolección es de RSU de tipo orgánico degradable que pueda ser contenido en una bolsa de residuos de tamaño estándar (40x50 cm) y programar un recorrido especial más espaciado en el tiempo para recolección de residuos considerados como chatarra, pues estos pueden llegar a ocupar una gran cantidad de la superficie útil destinada en el camión de recolección y puede ser realizada por otro tipo de vehículos, por ejemplo, camiones volcadores. Mayormente la basura chatarra consiste en residuos de poda, cartón y Telgopor y en algunos casos residuos de construcción.

El proceso de recolección que se utiliza en “por acera”, esto es recolección frente a cada domicilio de las bolsas y chatarra que los casa habientes depositan diariamente frente a sus domicilios. La frecuencia de recolección es mayormente diaria, aunque puede darse lugares menos poblados de la periferia en los cuales la frecuencia de recolección puede llegar a ser 1 vez por semana. Afortunadamente el clima frío de la patagonia, estimado en promedio 10 °C anuales, no permite que la mosca y otros insectos puedan completar su ciclo de crecimiento y por ello no hay peligros sanitarios por la demora en la recolección no periódica.

En la actualidad (07/2019), el municipio cuenta con 12 vehículos de recolección, de los cuales, por razones de presupuesto, falta de mantenimiento, repuestos, obsolescencia, etc., están operativos 4 camiones recolectores de residuos con caja contenedora de 18 m³, con posibilidad de compactación, de carga trasera, sin posibilidad de descargar automáticamente contenedores, por fallas del mecanismo. Este tipo de vehículo puede cargar unos 10,000 kilogramos de basura según una estimación de otros municipios que la basura pesa en promedio 600 kilogramos por cada metro cubico. Los vehículos se cargan hasta un 80% de su capacidad, por lo que estimamos en unos 8,000 kilogramos la cantidad de basura que un camión puede recolectar en un viaje. El espacio de 20% de capacidad del camión es para facilitar las tareas de compactación. Los camiones disponen además de un depósito de hasta 300 litros de líquidos lixiviados por las tareas de compactación.

Existen muy pocos contenedores pequeños de aproximadamente 1 m³ de capacidad (1000 litros) sin tapa protectora ubicados frente a los pocos edificios de departamentos de la ciudad, los edificios públicos y el centro comercial. Las personas y comercios depositan sus bolsas de basura en los contenedores. Principalmente, las personas depositan su basura en la acera o vereda en canastos metálicos perforados ubicados frente a cada domicilio, elevados para evitar el acceso de animales.

4. Metodología

Nuestro trabajo consiste en primero determinar la capacidad de recolección necesaria, en cantidad de vehículos, tratando de minimizar el costo operativo de la flota de recolección. Aplicaremos un modelo de programación lineal entera (PLE) para el modelado y solución.

En la segunda parte, analizaremos la ruta de recolección de un camión sobre una zona predeterminada de la ciudad que puede representar una zona asignada por los responsables del municipio como consecuencia de un macroruteo. Aplicaremos una técnica heurística conocida como “problema del cartero chino”, con una modificación para ser aplicable sobre una red de gráficos o grafos dirigidos que representaran el sentido de circulación de las calles por donde debe moverse la unidad de recolección.

5. Modelos Matemáticos

Para solucionar el problema de estimación de la capacidad de flota de recolección necesaria, usaremos el siguiente problema de programación lineal entera (PLE) que determina la cantidad de vehículos necesarios para las tareas de recolección diaria (hipótesis de máxima), con turno de 8 horas, capaces de trabajar las 24 horas. El sistema de recolección en la ciudad funciona de lunes a sábado. Los días lunes debe recolectarse la basura acumulada de dos días y este será el parámetro de máxima para calcular la fuerza de trabajo necesaria. Seguiremos el procedimiento detallado en el manual SEDESOL [10]. El modelo PLE se define según los siguientes criterios:

$$\text{Función Objetivo} = \text{Min}(\text{Costo Operativo}) = \sum_{i=1}^{i=n} c_i * x_i \quad (1)$$

Donde: c_i = costo operativo hora por tipo de vehículo (\$/hora) y x_i = cantidad de vehículos de tipo i destinados a recolección de basura.

$$\text{Restricción de Capacidad:} \quad \sum_{i=1} x_i * w_i * v_i * r_i \geq 2S \quad (2)$$

Donde: x_i = cantidad de vehículos tipo i , w_i = capacidad de carga en kilogramos de un vehículo tipo i , v_i = cantidad de viajes por tipo de vehículo i por día, r_i = porcentaje de carga (%) máxima del vehículo tipo i . S = cantidad de basura generada que debe ser recolectada por día. $2S$ indica que como los días domingo no se recoge, el día lunes, la cantidad a recolectar es el doble en promedio.

$$\text{Restricción de Costo Operativo de mano de obra:} \quad \sum_{i=1}^{i=n} k_i * x_i \leq W \quad (3)$$

Donde: k_i = costo de mano de obra por camión (costo de 1 operario * cantidad de operarios), expresado de manera mensual. W = presupuesto mensual para costo operativo de mano de obra.

$$\text{Restricción de Unidades Disponibles:} \quad x_i = a_i + y_i \quad (4)$$

Donde x_i = cantidad de vehículos de tipo i , y_i = unidades nuevas a comprar del tipo i , a_i = cantidad de unidades actualmente disponibles del tipo i

$$\text{Restricción de Compra de Unidades:} \quad p_i * y_i \leq Z \quad (5)$$

Donde p_i es el costo de compra de un vehículo nuevo o compra de un vehículo usado y Z es el presupuesto asignado para compra de vehículos, nuevos o usados.

Todas las variables x e y debe ser positivas (≥ 0)

Asumiremos los siguientes datos para resolver nuestro modelo, resultantes de consultas al municipio y otras de sentido común. Dado la volatilidad de nuestra moneda, decidimos expresar todos los valores monetarios en una moneda constante, dólares, para que el modelo pueda tener sentido en el tiempo. Los cálculos son estimados a Julio 2019.

Cada vehículo de recolección en la ciudad ocupa 4 personas (1 chofer y 3 recolectores) que en promedio cobran unos 1,000 dólares mensuales, si agregamos un 60% de cargas sociales, el costo mensual asciende a unos 1,600 dólares sobre una base de trabajo de 8 horas diarias y 160 horas mensuales. La fuerza laboral es de 45 a 50 personas por turno de 8 horas y en total el sector de medio ambiente ocupa unas 180 personas, de las cuales unas 150 están afectadas a tareas de recolección con vehículos y el resto se distribuye entre jefes, supervisores, administrativos y mecánicos de mantenimiento.

Cada vehículo consume en promedio entre 40 y 50 litros de gasoil por cada 100 km recorrido dependiendo de la cantidad de carga transportada. Adoptaremos como promedio 45 litros/100 km, el cual, si viaja a velocidad promedio de 20 km/h, consumiría aproximadamente 9 a 10 litros por hora. Adoptamos 10 litros por hora como promedio. El valor de costo del gasoil se estima en 40 \$/litros (pesos argentinos), equivalentes a 0.90 dólares por litro. A valor informativo el tipo de cambio al 07/08/2019 es de 46 \$ARG/dólar. Resumiendo, cada vehículo gasta en promedio 9 dólares por hora de combustible. Por consulta al municipio, se estima que cada camión está en condiciones de realizar 6 viajes por día, de 4 horas cada uno.

Los vehículos por su antigüedad ya están amortizados y se estima en 250 dólares el costo mensual de seguros por el vehículo y el personal transportado. Agregamos otros 250 dólares mensuales por mantenimiento del vehículo. Los vehículos están las 24 horas disponibles todo el año. Su costo de mantenimiento y seguros se estima en 0.78 dólares por hora. Por conveniencia de mantenimiento y repuestos, asumiremos todos vehículos del mismo tipo y modelo, carga trasera con 18 m³ de capacidad de cargar hasta 10000 kilogramos, del tipo carga trasera, con compactación. Entonces, el costo operativo de un camión por hora se estima en 9.78 ($10 \cdot 0.90 + 0.78$) dólares por hora que será utilizado en la definición de la función objetivo.

El precio de un vehículo nuevo se estima en 100,000 dólares. El costo de un equipo usado de 10 años de antigüedad en 20,000 dólares y el de un vehículo usado de 20 años de antigüedad, en 10,000 dólares, valores recabados de búsquedas en internet. Consideramos para nuestro cálculo, la compra de vehículos usados de 10 años de antigüedad y un presupuesto suficientemente grande para poder dimensionar la flota necesaria para recolectar toda la basura. A fin de no limitar el modelo, asumimos que el presupuesto de costos de personal y compra de vehículos en 1 millón de dólares, exagerado, sí, pero permitirá estimar la capacidad necesaria. Con estos datos construimos el siguiente modelo de Programación Lineal Entera

Función Objetivo Min (Costo Operativo) = 9.78*x (6)

Restricción de Capacidad $10,000 \cdot 6 \cdot 0.80 \cdot x \geq 2 \cdot (150,000)$ (7)

Restricción de Personal $1,600 \cdot 4 \cdot 3 \cdot x \leq 1,000,000$ (8)

Restricción de Unidades $x - y = 4$ (9)

Restricción de Presupuesto $20,000 \cdot y \leq 1,000,000$ (10)

Con relación al problema de **microruteo**, decidimos aplicar el algoritmo del “método del cartero chino” [6] al siguiente sector de la ciudad de Rio Gallegos, representados en la siguiente figura:

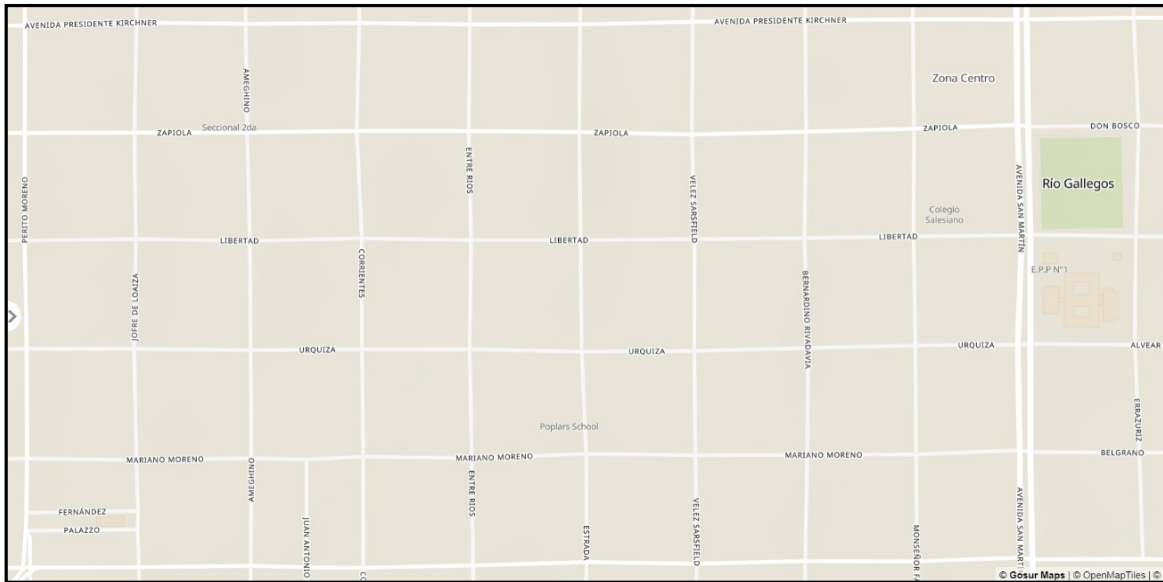


Figura 1. Sector de viviendas donde aplicar microruteo. Fuente: Google maps

La red bajo análisis está compuesta por 58 manzanas y comprende el recorrido de 136 calles con una distancia aproximada de 14,567 metros y contiene 78 vértices representados por la esquina de cada manzana. Se supone un promedio de 10 viviendas por calle, 20 de ambos lados de la calle, aunque, existe en la zona comercial mayor densidad por la existencia de algunos edificios de varios pisos y se compensa por la existencia de algunos terrenos baldíos, avenida con arboleda divisoria y la plaza central de la ciudad. En promedio podemos asumir la existencia de 2720 viviendas (1360x2), en las cuales viven aproximadamente 10,880 personas (4 por vivienda) y generan un total de 22,956 (2.11 x persona) kilogramos de basura total, de los cuales 3/5 es basura orgánica, unos 13,774 kilogramos, y el resto (2/5), 9,182 kilogramos de chatarra.

Este mapa físico representativo de una zona de recolección puede ser convertido a una red equivalente usando la facilidad de construcción que provee la aplicación web de la Universidad de Múnich [11,12], donde cada nodo representa el vértice de cada manzana y la flecha o arco representa la distancia entre puntos medios de las calles que representan físicamente una cuadra. Las distancias fueron estimadas con google maps. El grafico de red equivalente es el siguiente.

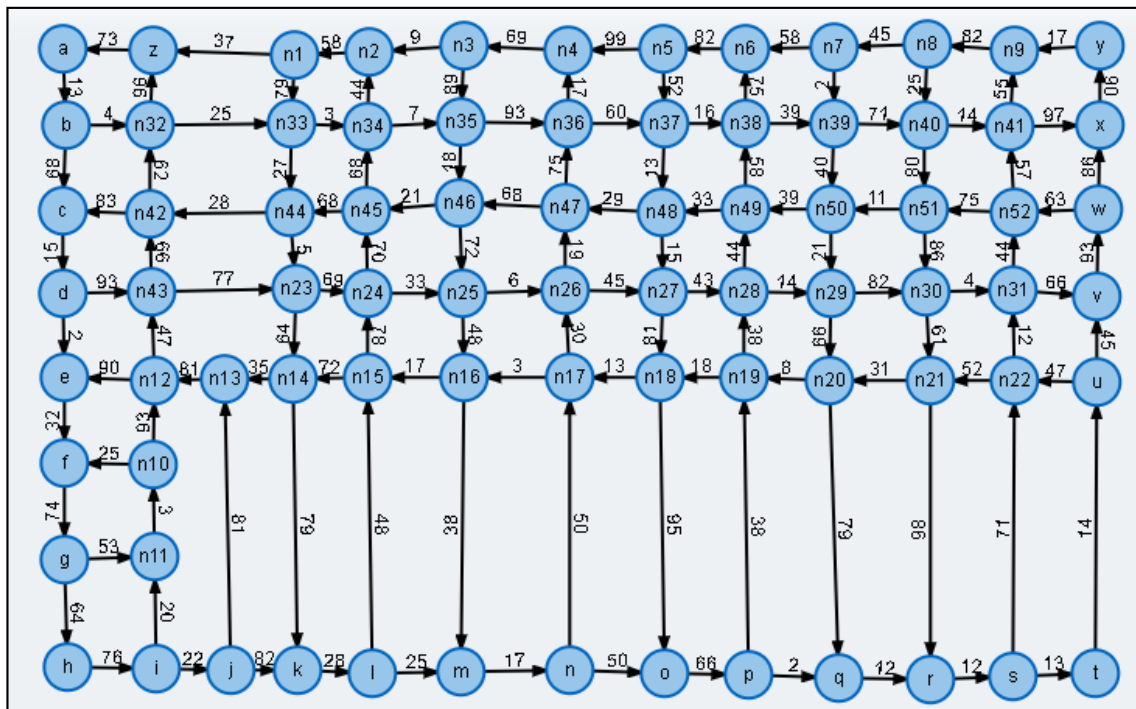


Figura 2. Diagrama de red con nodos dirigidos equivalentes. Fuente TUM [12]

La decisión de usar el “método del cartero chino” (CPP), implica que, para conseguir una solución óptima, debemos tener en cuenta los siguientes pasos:

- a) Comprobar si el problema se puede resolver.
- Primero verificamos si el gráfico está fuertemente conectado y si hay algún ciclo negativo, esto es, alguna ruta que contenga flechas con valores negativos entre dos nodos [2].
 - Verificamos que la gráfica está fuertemente conectada. Un gráfico está fuertemente conectado si se puede llegar a cualquier nodo desde cualquier otro nodo. Sólo entonces existe un recorrido redondo, esto es, es posible recorrer la red en todos sus nodos y regresar al nodo de inicio. Luego, si se cumple esta condición, hay un recorrido redondo que utiliza todos los bordes.
 - Si se cumplen las dos condiciones anteriores, no hay ciclos negativos y la red está fuertemente conectada, entonces el problema es solucionable en este gráfico.
- b) Encontrar nodos con diferentes grados de entrada y salida.
- En primer lugar, calculamos la diferencia de grados positivos (+) y grados negativos (-). Los nodos que tienen una diferencia de cantidad de conexiones de salida menos entrada igual de 0, se considera que están equilibrados. Aquellos nodos cuya diferencia es distinta de cero, se considera que están desequilibrados.
 - Los nodos desequilibrados se identifican en el diagrama y dependiendo del software utilizado, pueden aparecer resaltados con otro color en el proceso iterativo. Un recorrido de Euler existiría en el gráfico solo si todos los nodos están equilibrados. Un recorrido de Euler (o ciclo de Euler) es una ruta en el gráfico que contiene todos los bordes exactamente una vez y comienza y termina en el mismo nodo [7].
 - El objetivo de los próximos pasos será encontrar un conjunto de rutas entre los nodos desequilibrados, de manera que la gráfica se equilibrará completamente después de insertar rutas adicionales. La longitud de estos caminos adicionales debe ser mínima.
 - El recorrido de Euler en el gráfico con las rutas adicionales será el recorrido más corto que buscamos en última instancia [12,13].
- c) Encontrar los caminos adicionales
- Consideremos solamente los nodos desequilibrados. Los pesos de borde representan el gráfico más corto posible desde los nodos con diferencia de salida negativa a los nodos con diferencia positiva.
 - Para encontrar las rutas más cortas para cada par de nodos, usamos el método del algoritmo de Floyd-Warshall [15].
 - Al agregar una ruta adicional desde un nodo con diferencia negativa a una con una positiva, la diferencia en los nodos de inicio y final cambiará exactamente en 1. Para todos los otros vértices a lo largo de la ruta, la diferencia permanecerá sin cambios.
 - Estamos buscando un conjunto de rutas para que todos los nodos estén equilibrados y se minimicen las longitudes totales de las rutas adicionales.
- d) Encontrar los caminos adicionales
- El conjunto óptimo de caminos se ilustra por los bordes resaltados.
 - Para encontrar este conjunto óptimo, usamos un algoritmo para encontrar coincidencias máximas, tal como el Método Húngaro, la técnica heurística para resolver problemas de asignación usando programación lineal [16].
 - Después de insertar las rutas adicionales, la diferencia de entrada para todos los gráficos desequilibrados se reducirá a 0. Todos los nodos entre los nodos resaltados permanecerán sin cambios.
- e) Insertar los caminos adicionales
- Ahora tomamos los gráficos que encontramos en el último paso y los agregamos al gráfico original. Los bordes que insertamos representan esos bordes en el gráfico original que deberán recorrerse varias veces en la solución óptima.
 - Después de la inserción, todos los nodos tendrán una diferencia de (salida – entrada) de exactamente 0. Por lo tanto, existe un recorrido de Euler en el gráfico. Un recorrido de Euler (o ciclo de Euler) es una ruta en el gráfico que contiene todos los bordes exactamente una vez y comienza y termina en el mismo nodo.
 - Los grados de entrada y salida coinciden en todos los nodos del gráfico. Por lo tanto, un recorrido de Euler o ciclo Euleriano existe en el gráfico [17].

Aplicando todos los pasos anteriores, llegamos a una instancia antes de la solución que se representa por la siguiente figura:

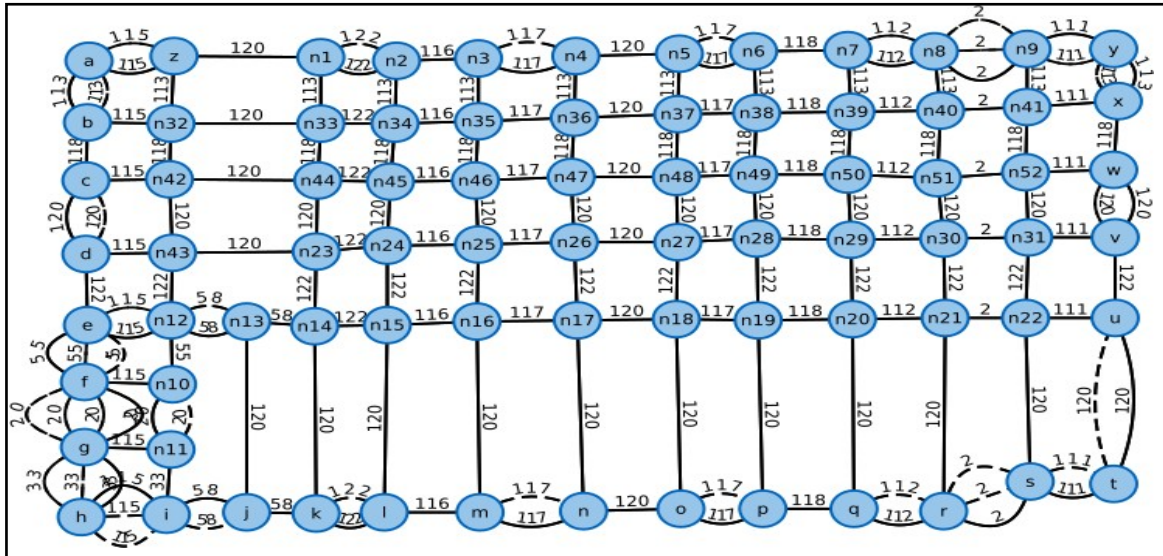


Figura 3. Grafico de red dirigida, luego de agregar las rutas adicionales. Fuente TUM [12]

En la misma, se puede notar que se han agregado las rutas de mínimo costo para convertir la red original en una red Euleriana, en la cual cada nodo está equilibrado, indicando que contiene la misma cantidad de flechas de entrada que de salida y es posible encontrar la solución esperada. La imagen fue generada con una applet-web gratuita de la Universidad de Múnich [12] y no nos fue posible modificar el número que identifica cada nodo.

f) Aplicar el Algoritmo de Optimización

- En esta instancia del proceso de solución iterativo, aplicamos el algoritmo de Fleury [18] que permite encontrar una trayectoria o circuito de Euler y/o el algoritmo de Hierholzer [19] que encuentra un ciclo euleriano en un multigrafo dirigido [17, 20].
- El algoritmo de Fleury resulta más aplicable a grafos no dirigidos, en cambio el algoritmo de Hierholzer es más aplicable a grafos dirigidos como nuestro caso.

6. Análisis de Resultados

La solución del problema de capacidad nos dice que sería recomendable una flota de 7 vehículos, capaces de realizar 6 viajes por día, de los cuales 3 de ellos deberían ser adquiridos como usados con 10 años máximo de antigüedad o reparar los 8 vehículos parados que dispone actualmente el municipio. El mismo costo operativo se obtuvo suponiendo compra de camiones nuevos. Para la solución de este modelo de PLE se usó el software educativo POM, complemento del libro de Weiss-Render [21], cuya solución se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados del problema de PLE de fuerza de trabajo. Fuente POM [21]

Original Problem w/answers				
(untitled) Solution				
	X	Y		RHS
Minimize	9,78	0		
Restriccion de Capacidad	48000	0	>=	300000
Restriccion de Mano de Obra	19200	0	<=	1000000
Restriccion de Unidades	1	-1	=	4
Restriccion de Presupuesto	0	20000	<=	1000000
Variable type	Integer	Integer		
Solution->	7	3	Optimal Z->	68,46

El costo operativo se estima en 68.46 dólares por hora, 42,719 dólares, mensuales, sobre base de 26 días de recolección por mes (con descanso de domingos) con capacidad de recolectar hasta 336,000 kilogramos por día (calculados como condición de máxima para día lunes). El costo de personal se estima en 1600 dólares promedio por persona, incluyendo cargas sociales, por lo tanto, para 7 camiones y 4 personas por camión, con 3 turnos por día, el costo de personal necesario se estima en 134,400 ($1600 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 7$) dólares mensuales. El costo de combustibles por camión se estima en 9 dólares por hora, unos 39,312 ($9 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 26$) dólares mensuales para los 7 camiones y unos 3,500 ($500 \cdot 7$) dólares mensuales de seguros y mantenimiento de vehículos. La suma de todos estos conceptos es de 219,531 dólares como costo operativo mensual. Si proporcionalmente le sumamos el costo de recolectar diariamente los 100,000 kilogramos de basura chatarra, el costo total de recolección se estima en 365,885 dólares

Este presupuesto es una cifra grande para municipios pequeños, por ello, por razones presupuestarias se decide pausar la recolección en algunas zonas a 2 veces por semana y los barrios más alejados a 1 vez por semana. El personal necesario se estima en 28 personas por turno, 84 personas por día afectadas a tareas de recolección y unas 63 ($3 \cdot 3 \cdot 7$) personas diarias por cada camión volcador recolector de chatarra (1 chofer y 2 ayudantes). Las 150 personas afectadas a recolección resultan necesarias incluso para manejar imponderables como licencias, enfermedad, etc. Por mes deben recolectarse unas 7,500 toneladas de basura por todo concepto.

La compra de 3 vehículos necesarias se estima en 60,000 dólares por unidades usadas de 10 años de antigüedad. Si se decidiera comprar unidades nuevas, el costo sería de 300,000 dólares. Este costo sería por única vez y luego ingresarían al programa de operación y mantenimiento general de vehículos de recolección.

La solución del problema de microruteo se aprecia en la secuencia que debe recorrer el vehículo recolector en la siguiente tabla:

Tabla 2. Recorrido secuencial del vehículo recolector. Fuente TUM [12]

--

El recorrido total de recolección o el del ciclo Euleriano, es de 17,038 metros o 17.038 kilómetros, partiendo del nodo inicial **a** como nodo de entrada y saliendo nuevamente por el mismo nodo inicial **a**. Usamos el algoritmo TSP para la misma red y determinó un recorrido óptimo de 7,682 metros, recorriendo todos los vértices de la red, pero no el interior de las calles.

Sabiendo que el camión recolector, recoge la basura de ambos lados de la calle, que en promedio existen 10 viviendas por cuadra y que cada habitante genera 1.26 kilogramos de basura orgánica por día, podemos calcular:

$$\text{Basura Recolectada} = 136 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1.26 \cdot 4 = 13,708 \text{ kilogramos por camión}$$

La capacidad de carga de un camión recolector de 18 m³ está entre 8000 y 10000 kilogramos, lo cual indica que deberá hacer al menos 2 viajes y un viaje de un camión volcador para recolectar los más de 9000 kilogramos de basura chatarra.

Si estimamos en 5 segundos promedio el tiempo de recolección de bolsas, que cada domicilio deposita en su acera, que hay 10 viviendas por lado de la calle y que se recolecta en las dos aceras al mismo instante, el tiempo necesario se estima de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo necesario} = 5 \cdot 136 \text{ (calles)} \cdot 10 \text{ (viviendas x calle)} \cdot 2 \text{ (aceras)}$$

$$\text{Tiempo necesario} = 13600 \text{ segundos} = 3.8 \text{ horas}$$

Esto es, el tiempo necesario, para la realización de 2 viajes de recolección será de aproximadamente 8 horas, que corresponde a un turno de trabajo del personal afectado (chofer y recolectores). Dentro de estas 8 horas podría estar incluido el tiempo para viaje hasta el vertedero, descarga y regresar para el nuevo viaje, dado la proximidad del vertedero municipal en la zona sur de la ciudad.

Obviamente en nuestro análisis hemos supuesto valores promedios y condiciones ideales, sin tener en cuenta las inclemencias climáticas (viento, lluvia, nieve, hielo) que dificultan las tareas de recolección. Siguiendo esta metodología sería posible poder estimar de manera más exacta la capacidad de recurso disponible para ser extendida a todo el ejido urbano de la ciudad. También hemos supuesto en nuestro modelo que los cálculos se basan en condiciones de máxima generación de basura que debe recolectarse los días lunes. El resto de los días, al ser menor la cantidad de basura generada, pueden usarse los camiones volcadores para recoger la basura chatarra.

7. Conclusiones

La investigación de operaciones es una herramienta muy importante para la toma de decisiones y dos de sus herramientas, la programación lineal entera y la teoría de grafos o teoría de redes capacitadas permite la aplicación a problemas de la vida real. En este caso, el objetivo principal de nuestro trabajo es modelar una forma de optimizar el recorrido de recolección de basura de una ciudad pequeña del interior del país, siguiendo el método conocido como "casa x casa" o de la acera, en la cual los habitantes dejan sus residuos en la puerta de su domicilio y un camión recolector con personal destacado, recogen las bolsas de basura de ambos lados de la calle en una sola pasada.

El método del cartero chino sobre grafos dirigidos que aplicamos resultó el más adecuado luego de haber descartado otros métodos heurísticos que no generaban una solución óptima de recorrer cada calle. Lo más aproximado que conseguimos fue con la aplicación del método del viajante de comercio (TSP) que recorrió todos los nodos, pero solamente los vértices o esquinas de las calles, asumiendo la existencia de un contenedor, pero la realidad de nuestro problema fue distinta, la basura estaba en cada domicilio y no en cada esquina.

Obviamente, los datos requeridos para modelar son difíciles de conseguir por considerarlos confidenciales, sensibles o no públicos y algunos han debido ser estimados en base a informes publicados de presupuestos y reportajes a responsables del área de saneamiento del municipio en medios de comunicación locales. Queremos destacar la metodología de aplicación de los modelos utilizados para ser adaptados a los datos de cualquier municipio.

El modelo propuesto puede ser aplicable a otros tipos de servicios como pueden ser: entrega de correspondencia, recorrer los domicilios para toma de medición de servicios de luz, gas, agua, etc., para programar el ruteo de entrega de encomiendas y para muchas otras aplicaciones que implican recorrer cada punto de la red.

Recientemente el municipio a través de su intendente y secretario de obras públicas está anunciando la compra por licitación de tres nuevas unidades de recolección de basura y que la fuerza de trabajo necesaria puede estimarse en 15 camiones para completar la tarea diaria de recolección, el doble de nuestro estimado de recolección, lo cual permite suponer que se trabajará en 2 o 3 turnos diarios o procesos de recolección por viaje mayores a 4 horas.

También, el municipio está planificando la instalación de contenedores grandes en cada esquina como método de reemplazo del proceso actual de aceras e incluso la privatización del servicio de recolección, pero todos estos procesos llevan tiempo de tratamiento administrativo y jurídico.

8. Bibliografía / Referencias

- [1] Papadimitriou, C.H., Steiglitz, K. (1998), "Combinatorial optimization: algorithms and complexity", Mineola, NY: Dover, pp.308-309.
- [2] Yú Beréziena L., (2013), "Grafos y sus Aplicaciones: Una Introducción a la Teoría de Grafos", Editorial URSS, ISBN 9785396003828
- [3] Wikipedia, "Río Gallegos", https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Gallegos, 2019
- [4] Applegate, D., Bixby, R., Chvatal V., Cook, W. "On the solution of the Traveling Salesman Problem". Documenta Mathematica-Extra Volume ICM III. 1998. 645-656.
- [5] Fuentes-Penna, Alejandro. (2014). "Problema del agente viajero". XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan. 2. 10.29057/xikua.v2i3.1229.
- [6] Kwan Mei-Ko, "Graphic programming using odd or even points", Chinese Mathematics 1 (1962) 273–277 (in English).
- [7] Edmonds, J; Johnson, E. "Matching Euler Tours and the Chinese Postman Problem", Match Programming, Vol.5:88-124, 1973
- [8] Angulo Cortes Giselle, Ospina Rincon Aylin, "Diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de Santa Fe y La Candelaria de la ciudad de "Bogotá d.c.", <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2483>, 2015
- [9] Márquez Pérez, Jorge N., "Macro y micro ruteo de residuos sólidos residenciales", <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/299>, 2010
- [10] SEDESOL, "Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales", Secretaria de Desarrollo Social, Distrito Federal, México, 1999
- [11] Ritter Michael, https://www-m9.ma.tum.de/graph-algorithms/directed-chinese-postman/index_en.html
- [12] TUM, Lehrstuhl für Angewandte Geometrie und Diskrete Mathematik der TU München, https://www-m9.ma.tum.de/graph-algorithms/directed-chinese-postman/index_en.html, 2019
- [13] Euler, Leonard., "Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis", Comment. Academiae Sci. I. Petropolitanae 8 (1736), 128–140.
- [14] Fleischner Herbert, "Eulerian Graphs and Related Topics ", Annals of Discrete Mathematics, Volume 50, Pages ii-vii, VIII.1-C.3 (1991)
- [15] Floyd-Wharsall, https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Floyd-Warshall, 2019
- [16] Hillier Frederick, Liberman Gerald. "Introducción a la Investigación de Operaciones", Novena Edición, capítulo 8. McGraw Hill, 2010
- [17] Euler, Leonard, https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_euleriano
- [18] Fleury , https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_euleriano, 2019
- [19] Hierholzer, Carl (1873), "Ueber die Möglichkeit, einen Linienzug ohne Wiederholung und ohne Unterbrechung zu umfahren", Mathematische Annalen, 6 (1): 30–32.
- [20] Thimbleby Harold, "The Directed Chinese Postman Problem", Article in Software Practice and Experience Vol. 33(11):1081-1096 · September 2003
- [21] Weiss Howard, Render Barry, "Operation Management", 11th Edition, Pearson, 2014

“Análisis y selección de lotes y plantas de secado para la exportación utilizando programación lineal”

Mavolo Luca; Illescas Gustavo

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen, 6400
lucamavolo@agro.uba.ar

*Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) – Centro Asociado CIC -
Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*
illescas@exa.unicen.edu.ar

Resumen:

Problema y justificación: Determinar la estructura óptima de un clúster productivo de la economía regional del noroeste de la Provincia de Buenos Aires para lo cual se utilizará como caso de estudio la producción de Manzanilla (matricaria recutita) Objetivo: Seleccionar el agente más competitivo de cada etapa y dimensionar la capacidad productiva en cada eslabón. El factor más importante en la selección de los lotes a producir, junto con el costo de alquiler y calidad de suelo, es la demora en el traslado de la manzanilla, debido a que esta debe ser trasladada en un tiempo menor a tres horas. Sobrepasar el tiempo mencionado provocaría que la manzanilla se fermente y se pierda la calidad final del producto, ya que esta situación afecta las características organolépticas. El modelo a utilizar elegido para este estudio es programación lineal, combinado para seleccionar los lotes agrícolas en una primera etapa y para seleccionar las plantas de secado en la segunda etapa. Estos modelos determinarán los kilogramos de manzanilla a trasladar en cada uno de los canales posibles tanto en cosecha-planta de secado y planta de secado-puerto, de esta forma solo se seleccionarán los agentes más competitivos y óptimos de cada canal.

Palabras Claves: Programación lineal; Clúster productivo; Economía regional; Manzanilla.

Abstract:

Problem and justification: Determine the optimal structure of a productive cluster of the regional economy of the northwest of the Province of Buenos Aires, for which the production of Manzanilla (matricaria recutita) will be used as a case study Objective: Select the most competitive agent of each stage and dimension the productive capacity in each link. The most important factor in the selection of the lots to be produced, together with the cost of rent and soil quality, is the delay in the transfer of chamomile, because it must be moved in less than three hours. Exceeding the mentioned time would cause the chamomile to ferment and the final quality of the product is lost, since this situation affects the organoleptic characteristics. The model to be used for this study is linear programming, combined to select agricultural lots in a first stage and to select drying plants in the second stage. These models will determine the kilograms of chamomile to be transferred in each of the possible channels both in harvest-drying plant and drying-port plant, in this way only the most competitive and optimal agents of each channel will be selected.

1. Introducción

La industria de la Manzanilla se destina principalmente a la exportación, se tiene como principal consumidor de manzanilla en el mercado europeo, Alemania e Italia (Negri 2013). Estos países son quienes determinan el volumen de compra a través de un contrato de exportación. Este volumen determinará la cantidad de Hectáreas a producir y, como consecuencia de esto, la cantidad de lotes a seleccionar, la cantidad de y plantas de secado a utilizar y por último la comercialización.

Como caso testigo, el volumen exportado en en el año 2016 (Wocca 2018) de 1052 toneladas de manzanilla, el precio de venta fue de U\$S 3.533,00/tn. La manzanilla se exporta en dos formas, "Industrial" el cual el precio es de U\$S4.000/tn o menor y "Flor de manzanilla" con un precio de U\$S7.500/tn a U\$S9000/tn. Se puede determinar que el tipo de manzanilla exportada fue Industrial, pudiendo estimar la cantidad de hectáreas necesarias. El rendimiento de la manzanilla destinada a tipo industrial es de 3900 kg verde/ha, al ser secada, se reduce su peso en un 25%. El objetivo es cubrir la demanda en un 50%, lo cual sería 526.000 kg de manzanilla Industrial, representando 539,5 hectáreas.

A continuación, se representan los factores productivos que actuaran en el proceso de selección, tanto en lotes, plantas de secado y puertos (ver ilustración 1). En la primer columna se encuentran los lotes de los productores rurales de manzanilla que se proponen para la selección, cada uno con una dimensión y calidad de suelo diferente. La segunda columna se observan las 3 plantas de secado actualmente en funcionamiento, cada una con una capacidad diferente, donde algunas utilizan gas natural y otras gasoil para el secado, siendo un factor económico clave para la selección. Por último, se tiene las dos alternativas donde se destina el producto final, donde el factor clave es el costo de traslado.

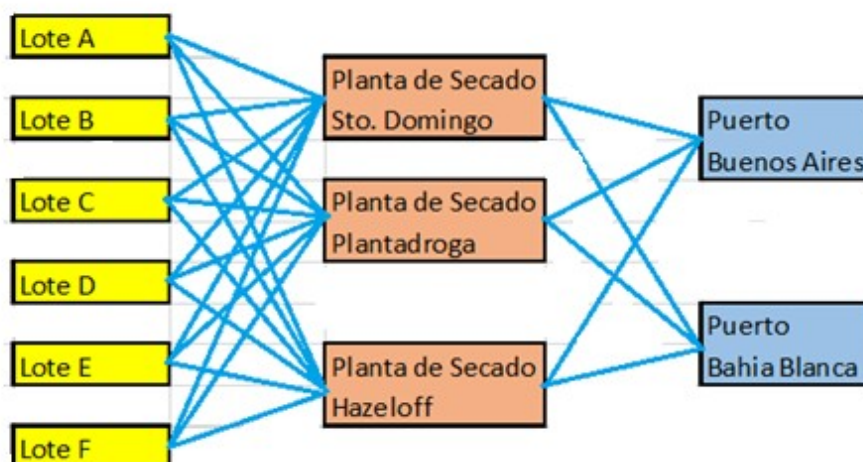


Ilustración 1 Esquema de rutas de materiales del sistema productivo de manzanilla

Se propone utilizar un modelo de localización, que permita tener en cuenta el costo de traslado, entre Lotes-plantas de secado-Puertos, capacidad de productiva de cada uno y su costo de procesamiento (varía según tipo de combustible utilizado), costo de alquiler y cumplir con el contrato de Exportación (50% de la demanda 2016).

1.1. Lotes preseleccionados a aplicar e l análisis:

En la ilustración 2 software GIS ARCVIEW 3.1 se observan todos los lotes de la ciudad de Pehuajo donde se puede consultar información catastral de cada lote como así también sus características de suelo, límite, entre otras características. El relevamiento de la información fue realizado por el INTA Pehuajo.

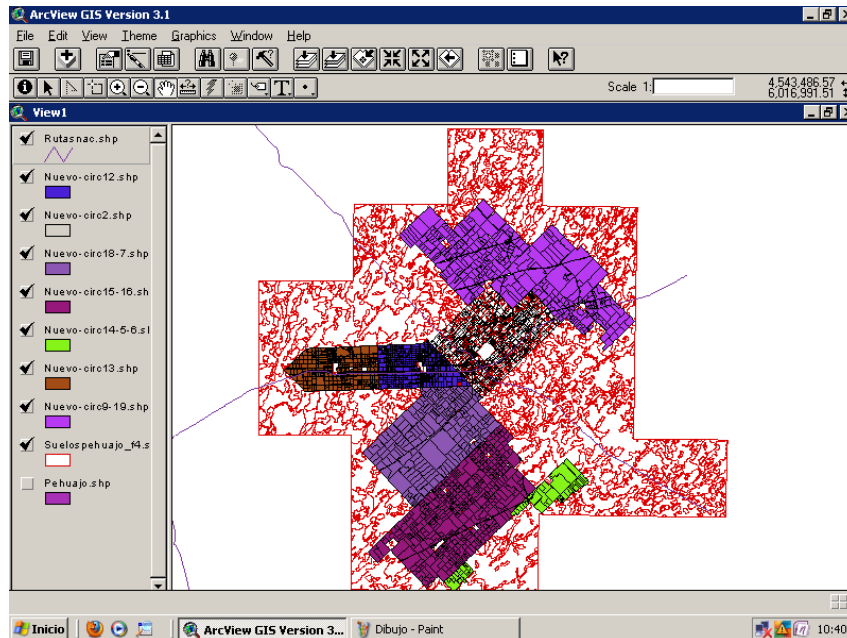


Ilustración 2 Lotes de la ciudad de Pehuajo

A partir de este software se pre-seleccionaron 6 lotes de distintos productores rurales, donde se define a los 6 productores como, productor A, B, C, D, E y F. Las líneas de color CIAN son rutas nacionales, la línea vertical la Ruta Nacional 226 y la línea horizontal la Ruta Nacional 5. Las superficies con borde rojo son las unidades cartográficas que definen el tipo de suelo, con sus características de composición y si son bajos inundables. Y por último las superficies con línea negra son los lotes de los todos los productores de Pehuajo, donde se permite relevar, nombre de la estancia, firma o dueño de la misma, hectáreas del lote etc.

A continuación, la Tabla 1 muestra los costos de alquiler por hectárea de cada productor:

Tabla 1 Costo de alquiler a cada productor

Productor	Alquiler/hectárea (n)
Productor A	\$3300/ha
Productor B	\$3350/ha
Productor C	\$4100/ha
Productor D	\$4000/ha
Productor E	\$3800/ha
Productor F	\$3900/ha

1.2. Distancias de los lotes a la planta

Se diferencia la distancia en camino rural y por asfalto, de esta manera se permite medir de forma más efectiva la demora en el traslado:

La velocidad del camion para el traslado de la manzanilla en el periodo de cosecha se estima en 80 km/h en camino de asfalto y 40 km/h para caminos rurales.

Tabla 2 Distancias de Traslado

Lote	P. Sec. Hazeloff		P. Sec. Plantadroga		P. Sec. Sto Domingo	
	Rural	Asfalto	Rural	Asfalto	Rural	Asfalto
A	29	5	29	6	29	47
B	7	0	7	0	7	42
C	0	5	0	7	0	50
D	1	13	1	15	1	57
E	3,5	12	3,5	13	3,5	56
F	3	12	3	16	3	56

2. Método y desarrollo

A partir de aquí se desarrolla el método propuesto para la solución de la problemática planteada que consta de la aplicación de 2 modelos de programación lineal para optimizar el conjunto de agentes productivos de la cadena de manzanilla. Para esto se formula un modelo de programación lineal para el traslado de lote-Planta industriales y otro modelo Planta industrial-Puertos. La función objetivo de ambos modelos buscan minimizar los costos de traslado y productivos.

2.1. Función Objetivo Minimizar Etapa 1:

Determinación de la producción de cada lote y su destino a las plantas de secado.

$$Min Z = (\sum \sum c_j x_{ij} + \sum \sum g_i x_{ij})$$

- 1) $\sum \sum c_j x_{ij}$ Costo de Transporte desde los lotes para la siembra a las plantas de secado.
- 2) $\sum g_i x_{ij}$ Costo de Alquiler/rendimiento por hectárea.

2.2. Función Objetivo Minimizar Etapa 2:

Determinación de la cantidad de manzanilla a industrializar en cada planta de secado y su destino a los puertos pre-seleccionados.

$$Min Z = \sum \sum c_{ik} x_{ik} + \sum \sum f_i x_{ij}$$

- 1) $\sum \sum c_{ik} x_{ik}$ Costo de Transporte de las plantas de secado a los puertos seleccionados.
- 2) $\sum f_i x_{ij}$ Costo de Secado por planta según el combustible utilizado.

Restricciones Etapa 1)

- 1) $\sum x_{ik} = dk ; k \in K$ Cumplir con el contrato de exportación.
- 2) $\sum x_{ji} < ai ; i \in I$ Cantidad transportada a los secaderos seleccionados.
- 3) $\sum x_{ij} < bj ; j \in J$ Cantidad de kg que se obtiene por lote.
- 4) $x_{ij} > 0 ; j \in J , i \in I$

Restricciones Etapa 2)

- 1) $\sum x_{ik} = dk ; k \in K$ Cumplir con el contrato de exportación.
- 2) $4 * \sum x_{ik} < ai ; i \in I$ Cantidad destinada a puerto.
- 3) $\frac{1}{4} * \sum x_{ji} = \sum x_{ik} ; j \in J$ Toda la producción debe pasar por las plantas de secado.
- 4) $x_{ij} > 0 ; j \in J , i \in I$

5) $x_{ik} > 0 ; i \in I, k \in K$

Parámetros:

i: Puntos donde se localizan los secaderos

I: Conjunto de Secaderos

j: Puntos donde se localizan los lotes

J: Conjunto de lotes

k: Consumidores en Puertos (BB o BSAS)

K: Conjunto de Puertos

cij: Costo de transporte entre Secadero – Lotes

cik: Costo de transporte entre Secadero – Puerto

fi: Costo del secado por Planta según combustible

gj: Costo alquiler por rendimiento de cada lote

ai: Capacidad de secado en 50 días por cada planta

bj: Cantidad de kg por lote que se obtiene

dk: Demanda Total en puertos

Variables de Decisión:

xij: Cantidad de kg Lote al Secadero

xik: Cantidad de kg de Secadero al Puerto

2.3. Definición de variables:

Para el cálculo de las variables de Costo de transporte (*cik* y *cij*) se tiene en cuenta el cuadro tarifario ¹CATAC, que determina el costo por kilómetro de trasladar 1 tonelada. (se adjunta en el anexo).

Costo de transporte entre secadero-puerto

A continuación, en la tabla 3 se detalla la distancia entre las distintas plantas de secado y los puertos.

Tabla 3 Distancia entre plantas de secado etapa 2

Puertos/ Secado	P. Secado Hazeloff	P. Secado Plantadroga	P. Secado Sto Domingo
Bs As	373	373	359
Bahia Blanca	375	275	401

Los coeficientes del costo de transporte, son determinados como el costo por kilogramo trasladado. Ej $c_{11} = \$0,99136/\text{kg}$. Dado que el cuadro tarifario CATAC nos muestra según los kilómetros a recorrer el costo de trasladar 1 tonelada, de esta forma se puede determinar el costo unitario de trasladar 1 kilogramo las distancia hacia el puerto como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4 *cij*: Costo de transporte entre Secadero – Lotes

$c_{11}=0,99136$	$c_{21}=0,99136$	$c_{31}=0,97691$
$c_{12}=0,99341$	$c_{22}=0,99341$	$c_{32}=1,05104$

¹ Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas – Tarifa de referencia de la Pcia de Buenos Aires <http://www.catac.org.ar/pdf/TARIFA-BUENOS-AIRES-NOV2018.pdf>

Distancia entre los lotes sembrados y las plantas de secado, ver tabla 4:

Lotes / P. Secado	P. Secado Hazeloff	P. Secado Plantadroga	P. Secado Sto Domingo
Lote 1	34	35	76
Lote 2	7	7	49
Lote 3	5	7	50
Lote 4	14	16	52
Lote 5	15,5	16,5	59,5
Lote 6	15	19	59

Tabla 4 El coeficiente cij se determina de igual forma que el coeficiente cik (a través del cuadro tarifario CATAC).

c11=0,22348	c21=0,22665	c31=0,34243
c12=0,14587	c22=0,14587	c32=0,27324
c13=0,14587	c23=0,14587	c33=0,27647
c14=0,15804	c24=0,16438	c34=0,29613
c15=0,16109	c25=0,16438	c35=0,30120
c16=0,16109	c26=0,17430	c36=0,29866

El costo de secado se detalla en el siguiente cuadro (\$/kg):

Lotes / P. Secado	P. Secado Hazeloff	P. Secado Plantadroga	P. Secado Sto Domingo
Costo del combustible	23,96	28,83	23,96

Tabla 6 fi: Costo del secado por Planta según combustible

gj: Costo alquiler por rendimiento de cada lote

El coeficiente gj se determina teniendo en cuenta el alquiler por hectárea y el rendimiento por hectárea: $\left(\frac{\$alquiler/Ha}{rendimiento\ kg\ /Ha}\right) = \$/kg$

Inciso / Lotes	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
Alquiler	3300	3350	4100	4000	3800	3900
Rendimiento	3900	3700	3200	3300	3750	3900
gj	0,84615385	0,90540541	1,28125	1,21212121	1,01333333	1

Tabla 5 Coeficiente alquiler-rendimiento

Definición del coeficiente de secado:

ai: Capacidad de secado en 50 días por cada planta

El coeficiente ai, se determina como la capacidad de secado de cada planta. Durante el secado las plantas trabajan 24 horas, durante 50 días (inicios de octubre hasta mediados de noviembre).

Capacidades de hornos por planta:

- El horno de la Planta Hazeloff es de 1000kg verdes/hora.
- El horno de Plantadroga es de 1400kg verdes/hora.
- Los Hornos de la Planta Sto Domingo son 2 de 200kg verdes/hora.

A partir de estos datos se determina la capacidad de secado de cada planta durante toda la campaña:

a1	Hazeloff	1200000
a2	Plantadroga	1680000
a3	Sto Domingo	1920000

Tabla 7 bj: Cantidad de kg por lote que se obtiene

La variable bj determina la cantidad de kilogramos de manzanilla verde que se puede obtener teniendo en cuenta las hectáreas de cada uno, tipo de suelo y riesgo de inundación (datos analizados bajo el asesoramiento del Ing. Agr. Pablo Mavolo).

b1	1669200	kg verde
b2	936100	kg verde
b3	262400	kg verde
b4	623700	kg verde
b5	600000	kg verde
b6	323760	kg verde

Tabla 8 dk: Demanda Total en puertos

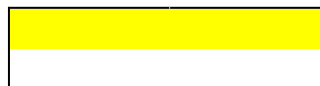
Demanda en cada puerto según los volúmenes exportados históricos, teniendo en cuenta el objetivo que se planteó en el trabajo (526000 kg secos).

Buenos Aires	d1	368200	kg secos
Bahia Blanca	d2	157800	kg secos

3. Resultados del modelo

Para arribar a los resultados de aplicar el método propuesto se utilizó la Herramienta Solver, Microsoft Excel 2016. El desarrollo de este método tanto para la etapa 1 como para la etapa 2 se muestra a continuación:

ETAPA 1)



Variables de decisión:

X11	X21	X31	X41	X51	X61
25,0296338	25,0112754	25,38712	25,3301612	25,1344233	25,12109
2534,84318	0,17391268	98480,1283	191624,468	219017,818	124783,533

X12	X22	X32	X42	X52	X62
29,9028038	29,8812754	30,25712	30,2065012	30,0176333	30,0043
5113,5967	157078,443	81959,9358	157078,443	157078,443	99488,2335

X13	X23	X33	X43	X53	X63
25,1485838	25,1386454	25,51772	25,4682512	25,2745333	25,25866
157078,443	157078,443	81959,9359	157078,443	157078,443	99488,2336

Restricciones:

Restricción 1: “Cumplir con el contrato de exportación”

X11	X21	X31	X41	X51	X61			
1	1	1	1	1	1	636440,964	<=	1200000 A1
						657797,094	<=	1680000 A2
						809761,941	<=	1920000 A3

X12	X22	X32	X42	X52	X62			
						636440,964	<=	1200000 A1
1	1	1	1	1	1	657797,094	<=	1680000 A2
						809761,941	<=	1920000 A3

X13	X23	X33	X43	X53	X63			
						636440,964	<=	1200000 A1
						657797,094	<=	1680000 A2
1	1	1	1	1	1	809761,941	<=	1920000 A3

Restricción 2: “Cantidad transportada a los secaderos seleccionados”

X11	X21	X31	X41	X51	X61			
1						164726,883	<=	1669200 B1
	1					314157,06	<=	936100 B2
		1				262400	<=	262400 B3
				1		505781,354	<=	623700 B4
					1	533174,704	<=	600000 B5
					1	323760	<=	323760 B6

X12	X22	X32	X42	X52	X62			
1						164726,883	<=	1669200 B1
	1					314157,06	<=	936100 B2
		1				262400	<=	262400 B3
				1		505781,354	<=	623700 B4
					1	533174,704	<=	600000 B5
					1	323760	<=	323760 B6

164726,883	<=	1669200 B1
314157,06	<=	936100 B2
262400	<=	262400 B3
505781,354	<=	623700 B4
533174,704	<=	600000 B5
323760	<=	323760 B6

Restricción 3: “Cantidad de kg que se obtiene por lote”

X11	X21	X31	X41	X51	X61		
1	1	1	1	1	1	2104000	. = 2104000

X12	X22	X32	X42	X52	X62		
1	1	1	1	1	1	2104000	. = 2104000

X13	X23	X33	X43	X53	X63		
1	1	1	1	1	1	2104000	. = 2104000

En esta primera etapa se determinó el volumen de producción de cada lote preseleccionado:

Lote A: 164,72 Tn de las cuales 2,53 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 5,11 tn a Plantadroga y 157,07 tn a Sto Domingo.

Lote B: 314,15 Tn de las cuales 0 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 157,07 tn a Plantadroga y 157,07 tn a Sto Domingo

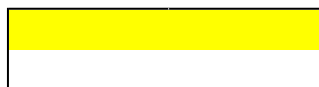
Lote C: 262,04 Tn de las cuales 98,4 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 81,95 tn a Plantadroga y 81,95 tn a Sto Domingo

Lote D: 505,78 Tn de las cuales 191,62 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 157,07 tn a Plantadroga y 157,07 tn a Sto Domingo

Lote E: 533,17 Tn de las cuales 2,53 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 157,07 tn a Plantadroga y 157,07 tn a Sto Domingo

Lote F: 323,76 Tn de las cuales 124,78 tn se destina a la Planta de secado Hazeloff, 99,48 tn a Plantadroga y 99,48 tn a Sto Domingo

ETAPA 2)



Variables de Decisión:

X11	X12	X21	X22	X31	X32	(IK SEC-PUE)
0,99136	0,99341	0,99136	0,99341	0,97691	1,05104	COEF
19905,722	157800,148	20454,4072	-0,02042985	327839,871	-0,12723076	VAR

Restricciones:

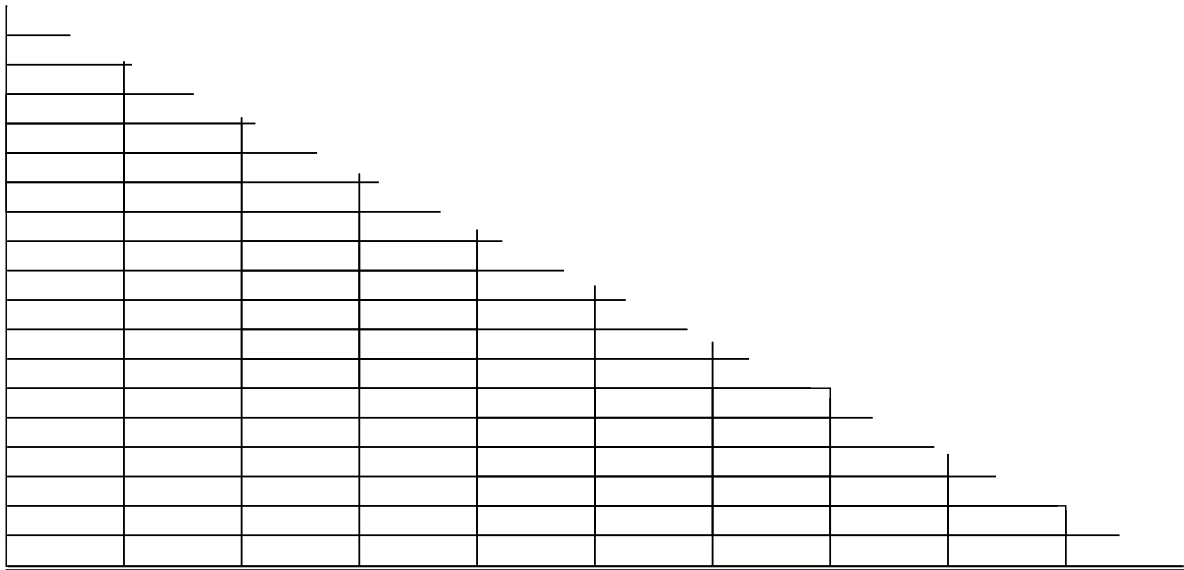
Restricción 1: “Cumplir con el contrato de exportación”

X11	X12	X21	X22	X31	X32	FORMULA	(IK SEC-PUE)	
1		1		1		368200	. =	368200 D1
	1		1		1	157800	. =	157800 D2

Restricción 2: “Cantidad destinada a puerto”

X11	X12	X21	X22	X31	X32		(IK SEC-PUE)	
4	4					710823,479	<=	1200000 A1
		4	4			81817,5473	<=	1680000 A2
				4	4	1311358,97	<=	1920000 A3

Restricción 3: “Toda la producción debe pasar por las plantas de secado”



En la restricción 3 se descarta el abastecimiento del lote 1 y 2 (A y B) a la Planta de secado Hazeloff, dado que el primero no tiene producción, y el segundo su producción es de 2,5 tn, es menos que el rendimiento de 1 Ha, en consecuencia, no puede ser considerada en el análisis.

Restricción 4:

X11	X12	X21	X22	X31	X32	FORMULA	(IK SEC-PUE)	
1	1	1	1	1	1	526000	.=	526000

4. Discusión:

Como se puede observar en la última restricción de la etapa 2, se cumple con el contrato de exportación que se estableció como objetivo 526.000,00 kg.

Planta de secado Hazeloff:

Procesará en total 177,70 tn, destinando 19,90tn al puerto de Buenos Aires y 157,80 tn al Puerto de Bahía Blanca.

Planta de secado Plantadroga S.A.:

Procesará en total 20,45 tn, destinando toda su producción al puerto de Buenos Aires.

Planta de secado Sto Domingo:

Procesará en total 327,84 tn, destinando toda su producción al puerto de Buenos Aires.

Los kilogramos excedentes que no son secados en los altos hornos de las plantas industriales, se secan en catres, y su destino es el mercado interno donde lleva un procesamiento y armado de mezcla diferente al que se exporta.

5. Conclusión:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede observar una optimización de los costos de traslado y de consumo de combustible de los altos hornos para los volúmenes de exportación. Siendo la programación lineal una herramienta viable para el armado de un cluster productivo para una economía regional como lo es la Manzanilla.

Queda pendiente a futuros estudios y análisis, la incorporación de eficiencia de trabajo de cada planta, como lo son los procesos de clasificación, zarandeo y molienda, donde estas etapas de trabajo influyen en la eficiencia de tiempos de trabajo y calidad de producto.

6. Referencias

[1] Pardo L., Felipe A., Pardo J. Programación Lineal Entera. Aplicaciones prácticas en la empresa. Díaz de Santos, 1990.

[2] Taha, H. Investigación de Operaciones. Alfaomega, 1995.

[4] Argentina Trade Net Portal de Promoción de Comercio Exterior

[5] INTA Castelar. Mónica Rubio “CULTIVO, INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA MANZANILLA

[6] ProChile Hamburgo, Octubre 2006 en “PERFIL DE MERCADO HIERBAS CULINARIAS Y MEDICINALES - ALEMANIA”

[7] Ciro Guillermo Negri, 2013, MEJORA SOCIO-ECONÓMICA Y DESARROLLO COMPETITIVO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DEL ORÉGANO

[8] Wocca Fabian, 2018, Informe económico de la producción de manzanilla Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Metodología basada en reportes de siniestros para la optimización de la gestión Municipal sobre seguridad vial.

Perez, Angueira Luciana; Marcos, Carlos; Gasselle, Gonzalo; Martinez Micakoski, Fernanda; Enrietti, Adhemar Raul;

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen; CP: 6400 Racedo 298
lucianaperezanguera@hotmail.com

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como propósito compartir la metodología que se llevará a cabo en el proyecto de investigación que tiene como objetivo generar algoritmos que apoyen la gestión de los recursos para reducir la siniestralidad vial en municipios que posean entre 30.000 y 60.000 habitantes.

El caso de aplicación es la ciudad de Trenque Lauquen, pudiendo replicarse en otros municipios que posean estadísticas respecto de la siniestralidad urbana y la gravedad de las lesiones provocadas durante los últimos años.

Para el tratamiento de los datos se implementa el software libre R, que facilita la aplicación de técnicas estadísticas variadas como modelos lineales y no lineales, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupamiento, análisis de correlación y visualización acordes al proyecto a desarrollar. Los modelos de predicción generados serán utilizados por el Municipio para apoyar la toma de decisiones sobre el lugar, el momento y a quiénes serán dirigidos los operativos de tránsito en el área urbana con la finalidad de reducir la gravedad de las lesiones causadas por la siniestralidad vial.

La asignación de recursos es algo crucial para la efectividad de los programas de seguridad vial. Por tanto, los procesos que la conforman deben estar vinculados a objetivos específicos para poder alcanzar el máximo rendimiento de los fondos asignados, para ello se utilizará la metodología SEMMA que permite obtener conclusiones que se utilicen en la proyección de asignación de recursos para el trabajo periódico de los agentes de tránsito.

La reducción del número de heridos y muertos por accidentes de tránsito mitigará el sufrimiento, desencadenará el crecimiento y liberará recursos para su utilización más productiva.

Palabras Claves: metodología, SEMMA, siniestros Viales, R, seguridad vial.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The purpose of this paper is to share the methodology that will be carried out in the research project that aims to generate algorithms that support the management of resources to reduce road accidents in municipalities with between 30,000 and 60,000 inhabitants.

The case of application is the city of Trenque Lauquen, which can be replicated in other municipalities that have statistics regarding urban accidents and the severity of injuries caused in recent years.

For the treatment of the data, the free software R is implemented, which provides varied statistical techniques such as linear and non-linear models, time series analysis, classification, grouping, correlation analysis and graphs applicable to the project to be developed.

The prediction models generated will be used by the Municipality to support decision making about the location, timing and to whom traffic operations in the urban area will be directed in order to reduce the severity of injuries caused by road accidents.

The allocation of resources is crucial for the effectiveness of road safety programs.

Therefore, the processes that make it up must be linked to specific objectives in order to achieve maximum performance of the funds allocated, for this will use the SEMMA methodology that allows conclusions to be drawn that are used in the projection of resource allocation for the periodic work of transit agents.

Reducing the number of people injured and killed in traffic accidents will alleviate suffering, trigger growth and free up resources for more productive use.

1. INTRODUCCIÓN

En su resolución 64/255, de marzo de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011-2020 «Decenio de Acción para la Seguridad Vial», con el objetivo general de estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo aumentando las actividades en los planos nacional, regional y mundial. En la resolución se solicita a la Organización Mundial de la Salud y a las comisiones regionales de las Naciones Unidas que, en cooperación con otros asociados del Grupo de colaboración de las Naciones Unidas para la seguridad vial y otros interesados, preparen un plan de acción del Decenio como documento orientativo que facilite la consecución de sus objetivos.

Este Plan mundial será útil para apoyar el desarrollo de planes de acción local y nacional y, al mismo tiempo, ofrecerá un marco para favorecer la realización de actividades coordinadas a nivel regional y mundial. Está destinado a un amplio público, en particular los gobiernos locales y nacionales, la sociedad civil y las empresas privadas que deseen ajustar sus actividades a la consecución del objetivo común, manteniendo una perspectiva genérica y flexible, conforme con las necesidades de los países.

Cada año, en el mundo, cerca de 1,3 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito —más de 3.000 defunciones diarias— y más de la mitad de ellas no viajaban en automóvil. Entre 20 millones y 50 millones de personas más sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, y tales traumatismos constituyen una causa importante de discapacidad en todo el mundo. El 90% de las defunciones por accidentes de tránsito tienen lugar en los países de ingresos bajos y medianos, donde se halla menos de la mitad de los vehículos matriculados en todo el mundo. Entre las tres causas principales de defunciones de personas de 5 a 44 años figuran los traumatismos causados por el tránsito. Según las previsiones, si no se adoptan medidas inmediatas y eficaces, dichos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muerte, con unos 2,4 millones de fallecimientos anuales. Ello se debe, en parte, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor sin que haya mejoras suficientes en las estrategias sobre seguridad vial ni la planificación del uso del territorio. Se ha estimado que las colisiones de vehículos de motor tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el producto bruto nacional (PNB) respectivo de cada país, lo que asciende a un total de más de \$ 500.000 millones. La reducción del número de heridos y muertos por accidentes de tránsito mitigará el sufrimiento, desencadenará el crecimiento y liberará recursos para una utilización más productiva.

En las Américas, la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito cada 100.000 habitantes es en promedio de 16,1 mientras que en la Argentina se estima en 13,6. [1]

La tasa de siniestros por cada 100.000 automóviles en nuestro país asciende a 71,99 según datos del Observatorio Vial para el año 2014. Mientras que las lesiones culposas en siniestros viales cada 100 mil habitantes en el año 2014 totalizaron 225 [2].

En el plano nacional, se alienta a los países a que apliquen los cinco pilares siguientes, sobre la base de las recomendaciones del Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, que propone la Comisión para la Seguridad Vial Mundial.

Los países deberían considerar estas cinco áreas en el marco de su propia estrategia nacional de seguridad vial, su capacidad en esta materia y sus sistemas de recopilación de datos.

- Pilar 1: Gestión de la seguridad vial
- Pilar 2: Vías de tránsito y movilidad más seguras
- Pilar 3: Vehículos más seguros
- Pilar 4: Usuarios de vías de tránsito más seguros
- Pilar 5: Respuesta tras los accidentes

Dentro de las actividades del *Pilar 1* se recomienda trabajar para garantizar que se disponga de fondos suficientes para la ejecución de actividades, mediante el fomento del establecimiento de procedimientos para la asignación eficiente y eficaz de recursos en todos los programas de seguridad [3].

Es esencial que cada país ponga en marcha un sistema científico y coherente de recolección, almacenamiento, análisis, difusión y aplicación de datos de accidentes de tránsito. [1]

Por ello, la comunidad internacional debe ahora asumir el liderazgo y promover buenas prácticas en la gestión de la seguridad vial y la adopción de esas intervenciones en otros países, adaptándolas a sus entornos particulares. [1]

Sin un diagnóstico y una gestión permanentes, y basados en datos, de los principales problemas relacionados con los traumatismos causados por el tránsito, no se lograrán reducciones significativas y sostenibles de la exposición al riesgo de accidentes ni de la gravedad de estos.

Como mínimo, un buen sistema de datos de accidentes de tránsito debería: capturar casi todos los accidentes con víctimas mortales y una proporción significativa de los causantes de traumatismos graves; ofrecer detalles suficientes sobre el vehículo, el usuario de la vía, y la vía y su entorno para ayudar a identificar las causas y a seleccionar las contramedidas; incluir información exacta sobre la ubicación del accidente; proporcionar oportunamente productos fiables para facilitar la toma de decisiones basadas en pruebas. [1]

Sobre éste último tópico se enfoca el actual proyecto. Con los procesos de adquisición de datos ya establecidos en los últimos cuatro años en la ciudad, la información generada y una concientización de la población y los funcionarios sobre la importancia de abordar este problema se requiere de herramientas de gestión que permitan asignar eficientemente los recursos que el Municipio dedica a la seguridad vial de manera que se transformen en una solución sostenible a largo plazo.

Dado que los recursos disponibles siempre resultan escasos en relación con el alto beneficio que se espera es necesario establecer criterios de priorización que aplicados sobre los datos relevados permitan gestionar eficientemente los recursos humanos y vehiculares de los agentes de tránsito.

En la ciudad de Trenque Lauquen existe una base de datos donde se registran los siniestros viales desde el año 2012 a la actualidad con información sobre el momento, lugar, condiciones del entorno y climatológicas, movilidad y perfil de los participantes de los siniestros, incluyendo la gravedad de las lesiones mediante la trazabilidad de las víctimas en los centros de salud.

Mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje supervisado (machine learning) se apoyará la toma de decisiones del organismo de Contralor Municipal para ubicar los lugares, momentos, vehículos y perfil de los conductores que pertenezcan al segmento de mayor riesgo de participar en un siniestro vial en base a los datos históricos recabados en dicha localidad.

1.1. Objetivo general

Desarrollar una herramienta que permita proponer la asignación en espacio y tiempo de los recursos humanos y vehiculares de la Dirección de Contralor para reducir la siniestralidad vial en la ciudad.

1.2. Objetivos secundarios

Representar las asignaciones mediante un Sistema de Información Geográfica agrupado por cuadrículas.

Realizar el seguimiento, control y ajuste de la plataforma que sistematiza los datos de siniestralidad vial generados por Agentes de Tránsito Municipales, Bomberos Voluntarios y Agentes Sanitarios Municipales,

Establecer indicadores de performance de la herramienta de gestión que permitan evaluar la eficacia de los algoritmos desarrollados.

2. METODOLOGIA

El estudio actual se basa en los datos relevados a partir de proyectos de investigación desarrollados desde el año 2012 a la fecha en la ciudad de Trenque Lauquen, la cual se ubica en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y posee aproximadamente 50.000 habitantes.

Se establecen una serie de datos a relevar, con un formato de categorización y descripción específica al momento de observar la ocurrencia de un siniestro vial. Los mismos se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Datos relevados en los siniestros viales.

Variable	Categoría	Descripción
Fecha	Tiempo	Día/Mes/Año
Horario		HH:mm
Zona	Lugar	Ruta/Rural/Suburbana/Urbana
Calle		Nombre de la calle (texto)
Altura		Altura de la calle (número entero)
Entre calles		Calles próximas (texto)
Lugar	Vía Pública	Curva/Intersección/Recta
Tipo		Calle/Distribuidor/Rotonda/Paso FFCC/Otro
Superficie		Arena/Asfalto/Concreto/Ripio/Tierra/Otro
División		Cordón o bulevard/Guardarrail/Línea Divisoria/Ninguna/Otro
Estado		Bueno/Baches/Ahuellamiento/Mojado/Con escarcha/Banquina inutilizable/Resbaladizo
Tiempo	Condiciones atmosféricas y luminosidad	Bueno/Granizo/Llovizna/Lluvia/Nieve/Nublado
Luminosidad		Amanecer/Día/Atardecer/Noche
Luz artificial		Sí/No
Vientos fuertes		Sí/No
Niebla	Sí/No	
Policía de Tránsito	Prioridades	Sí/No
Semáforo		Sí/No
Señal Pare		Sí/No

Señal ceda el paso		Sí/No	
Marca vial		Sí/No	
Senda Peatonal		Sí/No	
Rotonda		Sí/No	
Jerarquía de vía		Sí/No	
Otra señal		Sí/No	
Ninguna		Sí/No	
Alcohol o Droga	Causas aparentes	Sí/No	
Cansancio o Sueño		Sí/No	
Deficiencia en la vía		Sí/No	
Distracción		Sí/No	
Enfermedad		Sí/No	
Exceso de velocidad		Sí/No	
Evitó embestir un animal		Sí/No	
Evitó embestir otro vehículo		Sí/No	
Evitó embestir peatón		Sí/No	
Mal estado del vehículo		Sí/No	
Maniobra riesgosa		Sí/No	
Meteorología adversa		Sí/No	
Otros		Sí/No	
Restricción		Restricciones, Señalización y Semaforización	Accidente previo/Desvío provisorio/Obra en construcción/Reparación vía/Sin restricción/Otro
Señalización			Completa/Incompleta/Regular/Nula
Semaforización	Funcionaba/Intermitente/No funcionaba/Sin semáforo/Otro		
Siniestro	Tipo de siniestro	Atropello peatón/Caída sin colisión/Colisión frontal/Colisión frontolateral/Colisión lateral/Colisión por alcance/Otro/Vuelco en calzada	
Sexo	Participantes	Femenino/Masculino	
Edad		Edad (número entero)	
Movilidad		Peatón/Bicicleta/Motocicleta/Automovil/Camioneta/Transporte de carga/Transporte de pasajeros/Maquinaria/Tracción a sangre/Cuatriciclo/Vehículo desconocido (fuga)	
Ubicación		Conductor/Asiento delantero/Asiento trasero	
Uso del cinturón de seguridad		Sí/No/Nc	
Uso de Casco		Sí/No/Nc	
Hospitalizado		Sí/No	
Licencia conductor		Sí/No	
VTV	Licencias y seguros	Sí/No	
Seguro		Sí/No	
Notas	Notas	Información adicional (texto)	

EL procedimiento de la toma de datos en los formularios diseñados corresponde a personal de la Dirección de Contralor Municipal (Agentes de Tránsito), Bomberos Voluntarios y Hospital Municipal (Agentes de Salud). Una vez que se releva un siniestro vial, los datos del mismo se introducen en un sistema de registro que permite geolocalizar el hecho mediante un Sistema de Información Geográfica que brinda la latitud y longitud en base a los datos relevados y/o ajuste manual del operador (Figura 1).

La información obtenida por los profesionales permite clasificar la gravedad de las lesiones en Leves, Graves, Gravísimo y Fallecido, con un horizonte de 30 días de ocurrido el siniestro.

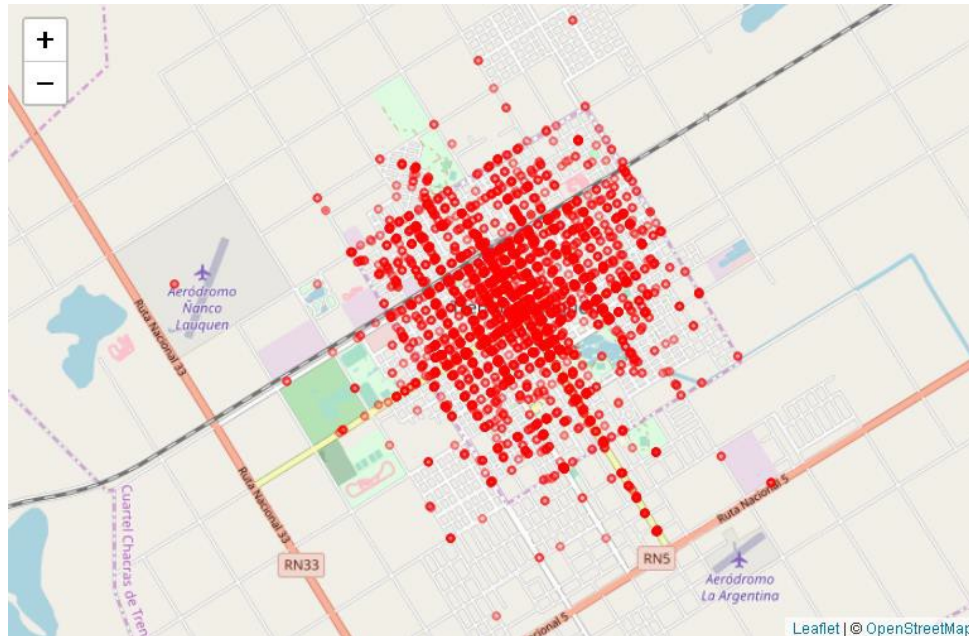


Figura 1 Geolocalización de los datos correspondientes a siniestros viales relevados.

Los operativos de la Dirección de Contralor dirigidos a acciones preventivas de seguridad vial se definen en base a tres criterios:

- ¿A quiénes va dirigido?: Tipo de movilidad, perfil de los individuos,
- ¿Dónde se realizan? Calle(s), Intersección, Cuadrícula o latitud y longitud,
- ¿Cuándo se realizan? Día de la semana y rango horario.

El algoritmo a desarrollar, como objetivo del presente trabajo, debe ser capaz de brindar información sobre uno o dos de esos criterios cuando se definan los restantes por parte del Director de tránsito. Para su implementación se adopta la metodología SEMMA [4] radicada en las siguientes etapas (Figura 2):

- Muestreo (Sample)
- Exploración (Explore)
- Selección e ingeniería de variables (Modify)
- Modelización (Model)
- Evaluación de los modelos (Assess)

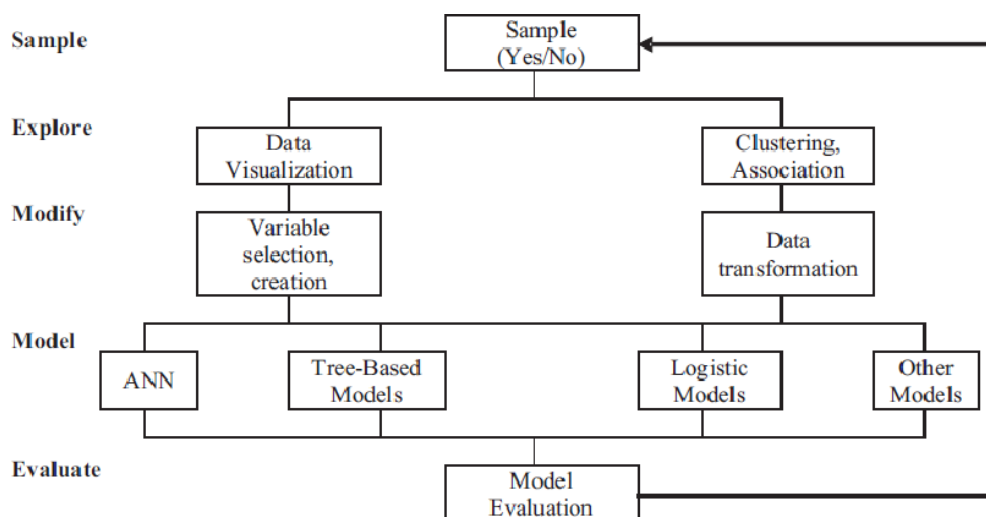


Figura 2 Etapas de la metodología SEMMA. [5]

Muestreo: La obtención de los datos se basará en el registro sistematizado de los siniestros viales y sus consecuencias en los participantes que ocurren en el área urbana de la ciudad. Esta restricción se debe a que la planificación de los operativos de seguridad vial se llevan a cabo en el tejido urbano; principalmente porque los agentes no tienen jurisdicción sobre las rutas nacionales que circundan

la ciudad y en áreas rurales y suburbanas la frecuencia vehicular es muy baja para realizar este tipo de operativos.

Se considerará como participante válido todo aquel individuo en el que se haya registrado al menos el sexo o la edad y el tipo de movilidad utilizada.

Los datos se ordenarán en una tabla tabulada por participante (Figura 3), por lo que la información relativa a las variables del siniestro aparecerá duplicada en cada uno de los individuos que participó en el mismo.

		Variables				
		idFormularioTránsito	idFormularioSalud	Fecha	...	Seguro
Observaciones (participantes)		00001	00001			
		00001	00002			
		00002	-			

Figura 3 Esquema de tabla tabulada.

Exploración: Se realizará un análisis exploratorio visual de las variables, tendiente a detectar datos ausentes, distribuciones y posibles relaciones entre las variables. Para ello se utilizará el software libre R [6], el cual proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas (modelos lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series temporales, clasificación, clustering, etc.) y técnicas gráficas (Figura 4).



Figura 4 Clustering de datos georeferenciados.

Modificación: En esta etapa se seleccionarán las variables predictoras disponibles para aplicar en los modelos implementados, en base a las variables de salida que pueden fijar los agentes de tránsito. También se realizan imputaciones de valores ausentes e ingeniería de variables que permitan capturar mayor información sobre el evento (Figura 5 a 9) y por lo tanto aumentar el rendimiento de los modelos de la siguiente etapa.

Para llevar a cabo la imputación de valores ausentes en primer lugar se observará el patrón de datos faltantes y se verificará visualmente si se corresponde con un patrón MAR (missing at random) o MCAR (missing completely at random). En caso de ser así se llevará a cabo una imputación múltiple de los mismos.

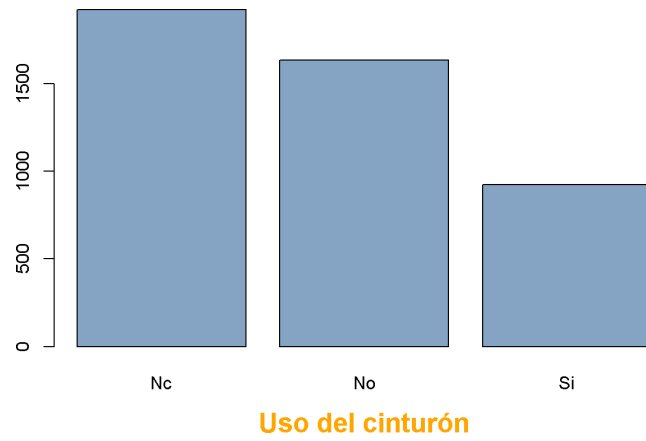


Figura 5 Observaciones sobre uso del cinturón.

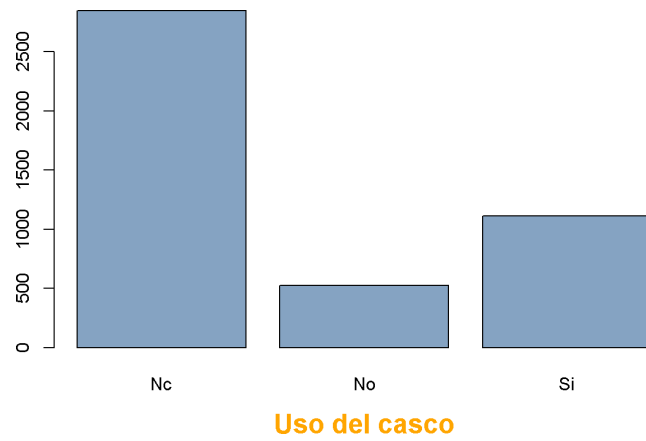


Figura 6 Observaciones sobre uso del cinturón.

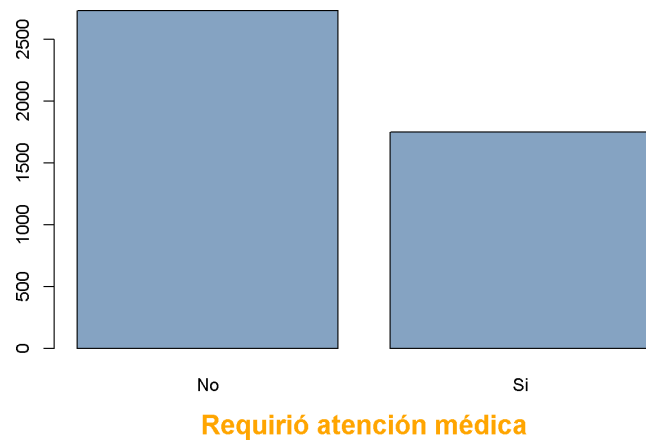


Figura 7 Observaciones sobre requerimiento de atención médica.

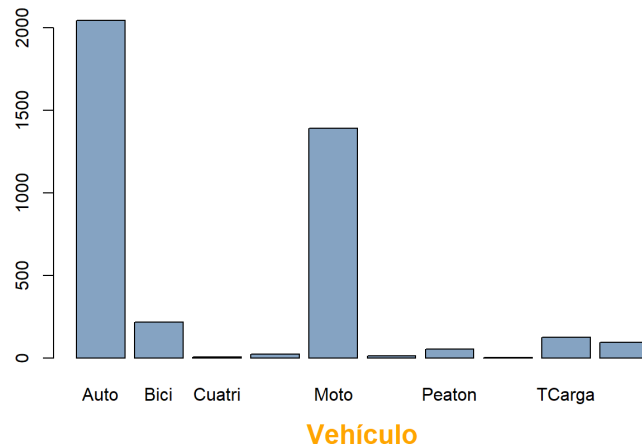


Figura 8 Observaciones sobre tipo de vehículo involucrado.

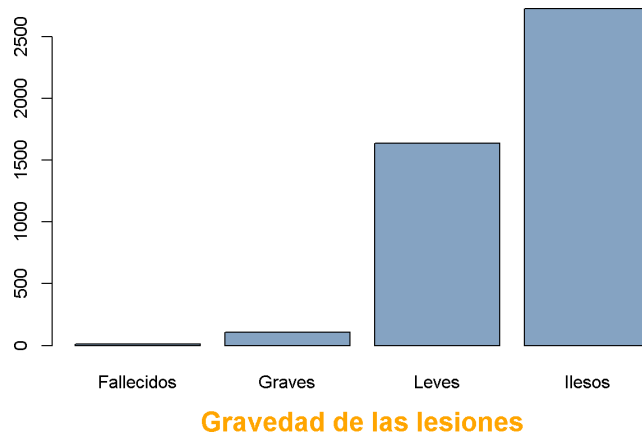


Figura 9 Observaciones sobre tipo el tipo de gravedad de las lesiones.

Se identificarán las variables con varianza nula o cercana a cero ya que estas últimas también podrían transformarse en variables de varianza nula al realizar submuestras de validación cruzada/bootsrap o al separar los datos de entrenamiento y testeo. El criterio para identificar estas variables se basará en dos métricas; la primera es la proporción del valor más frecuente de la variable respecto del segundo valor más frecuente, y la segunda es la proporción de valores únicos respecto del total de las observaciones. Cuando la primera obtenga un valor muy alto y la segunda un valor muy bajo, entonces, la variable deberá analizarse cuidadosamente para ver si se la mantiene o no dentro de los predictores que dispondrán los modelos. Una posible solución para evitar eliminar la variable es su reingeniería discretizando los valores y unificando aquellos con menor frecuencia en un mismo grupo.

Las variables cualitativas o categóricas que no posean una escala u orden se binarizarán mediante la técnica de one-hot-encoding [7] ya que ninguna de las variables posee alta cardinalidad por lo tanto no se generará un excesivo número de variables ficticias. Las variables cualitativas ordinales serán tratadas como factores ordenados.

A continuación se buscará el nivel de correlación entre los potenciales predictores y dependencias lineales, ya sea en las variables originales como las generadas por binarización con el objetivo de eliminarlas y obtener un mejor rendimiento de los modelos.

Por último se centrarán y escalarán las variables para evitar que los modelos que son sensibles a valores demasiados altos o bajos afecten en desempeño del modelo.

La etapa de modificación se utiliza en forma iterativa con las siguientes, ya que la necesidad de ingeniería de variables muchas veces es detectada en las etapas de generación y evaluación del modelo.

Modelización: Se particionarán los datos en dos grupos, uno de entrenamiento y otro de testeo. Los datos de entrenamiento se utilizarán para ajustar los modelos, utilizando técnicas de validación cruzada siempre que sea posible.

Se procederá a generar los modelos en función de las variables asociadas a los tres criterios utilizados por los agentes de tránsito. Dado que son más de una las posibles variables que responden a esos criterios se

conservarán los modelos con mejor performance.

A su vez se evaluarán los modelos en función de las variables predictoras significativas, ya que las mismas deberían incluir los dos criterios restantes. Por ejemplo: si el operativo está dirigido a un determinado tipo de movilidad entonces el lugar y/o el momento para realizarlo debe tener como variable predictora el tipo de vehículo.

Entre los modelos a utilizar se encuentran tanto modelos de clasificación como de regresión en función del tipo de variable de salida, aunque la mayoría de las variables de salida serán de tipo cualitativa (cuadrícula, tipo de movilidad, sexo, grupo etario (un agente de tránsito no puede estimar exactamente la edad, sino una franja etaria), día de la semana, etc.). Esto se realizará a través de algoritmos y técnicas de:

- Regresión Logística
- Análisis discriminante lineal
- K-nn (K-vecinos cercanos)
- Modelos aditivos generalizados
- Árboles de decisión simple
- Random Forests
- Máquinas de soporte vectorial
- Regresión lineal múltiple

Evaluación: Para los modelos, se utilizarán como herramienta de evaluación, las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic), la curva de ganancia acumulada y métricas obtenidas a partir de la matriz de confusión como exactitud, sensibilidad y precisión.

El reporte que se generará una vez que el agente de tránsito parametrize las variables de interés de uno de los criterios, incluirá los valores de las variables correspondientes a los otros dos criterios, como así también el intervalo de confianza de la predicción o la probabilidad de pertenecer a la clase de la variable de salida.

La efectividad de la herramienta se verificará mediante su utilización por los agentes de tránsito a lo largo de 3 (tres) meses y evaluando los índices de siniestralidad urbana respecto de los períodos donde los operativos se realizaban en forma arbitraria o al azar.

3. CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene como propósito compartir la metodología que se llevará a cabo en el proyecto de investigación que tiene como objetivo generar algoritmos que apoyen la gestión de los recursos para reducir la siniestralidad vial en municipios que posean entre 30.000 y 60.000 habitantes.

Mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje supervisado se generarán modelos predictivos de manera que sobre una base científica y donde los criterios de asignación sean conocidos y compartidos por la gestión Municipal, se pueda utilizar la información de siniestralidad vial para ajustar proactivamente el despliegue de los agentes de tránsito en el territorio.

Adicionalmente se podrán conocer cuáles de las variables relevadas en la ciudad poseen valor predictivo para la adecuación de los operativos de seguridad vial.

Otro atractivo que tiene este tipo de aplicación de técnicas de aprendizaje supervisado es la utilización concreta de los datos relevados por personal municipal y bomberos voluntarios que le dan un sentido a continuar un registro que hasta el momento solo existía con finalidad descriptiva pero que no se intentaba utilizar en la propuesta de soluciones al problema relevado.

El proyecto es de interés para aquellas líneas de investigación o disciplinas que abarquen: Accidentología Vial; Gestión de Recursos Humanos; Estadística Aplicada; Modelización descriptiva de siniestros viales; Buenas prácticas en gestión Municipal.

Se transferirá al Municipio una herramienta metodológica de asignación de los recursos de la Dirección de Tránsito en función de la siniestralidad vial.

4. REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud (2010). Sistemas de datos. *Manual de seguridad vial para*

decisores y profesionales.

- [2] Secretaría de Seguridad Interior. Ministerio de Seguridad. (2016). “Estadísticas Criminales en la República Argentina – Año 2015”. Argentina.
- [3] Naciones Unidas (2010). *Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020*.
- [4] Institute, S. A. S., Sas, U., & Software, E. M. (1998). Data Mining and the Case for Sampling - A SAS Institute Best Practices Paper Solving Business Problems Using SAS® Enterprise Miner™ Software.
- [5] Bulkley, J.; Gayle, S.; Hicks, B.; Stephens, R. (1999). *Adding the where to the who. In 24th SUGI - SAS Users Group International conference*. Paper 173, 3p. Miami, USA.
- [6] R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- [7] Garavaglia, Susan & Sharma, Asha. (2019). *A Smart Guide To Dummy Variables: Four Applications And A Macro*.

Índice “Gestión Económica”

Contenido “Gestión Económica”	454
Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera	455
Políticas Proactivas a largo plazo en La Inversión en Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico.	463
Análisis de una muestra de cereal aplicando lógica difusa.....	475
Ventajas de la financiación de las pymes Argentinas a través del mercado de valores vs la financiación de las pymes Colombianas	486

Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera

Fauroux, Luis Enrique*; Degaetani, Omar J.; Gonzalez, Ricardo

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.
San Justo, Buenos Aires, Argentina.*

lfauroux@unlam.edu.ar

RESUMEN

El objeto del presente trabajo es analizar el potencial aprovechamiento del lactosuero, remanente de la producción de quesos, para la producción de ácido poliláctico. El lactosuero, o suero de leche, es el subproducto más abundante de la industria quesera, se obtienen, aproximadamente, entre nueve y doce litros por cada kilogramo de queso producido, después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche. Es un líquido traslúcido, amarillo verdoso, aunque a veces, según sea la calidad y el tipo de leche utilizada, puede presentar un tono azulado. Sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido, lo que lo hace de difícil aceptación en el mercado. El destino habitual, dada la carga proteica, de una parte del lactosuero es la alimentación porcina de bajo rendimiento. Además, el volumen, y su contenido de materia orgánica, resulta un potencial riesgo ambiental. La realidad es que una gran parte de los productores lácteos disponen del mismo sin previo tratamiento, debido a que hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable. Sin embargo, la producción de ácido poliláctico a partir del lactosuero, surge en la actualidad como una posibilidad rentable. El ácido poliláctico puede obtenerse a través de un proceso de doble fermentación, la escala de producción podrá ser incluso desde pequeñas cooperativas, y su destino dependerá según sea biodegradable o no, desde hilos de sutura a filamentos para impresiones 3D, entre otros.

Palabras Claves: Lactosuero, aprovechamiento, poliláctico, ambiente.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze the potential use of whey, remnant of cheese production, for the production of polylactic acid. The whey, or whey, is the most abundant by-product of the cheese industry, approximately nine to twelve liters are obtained per kilogram of cheese produced, after precipitation and removal of milk casein. It is a translucent liquid, greenish yellow, although sometimes, depending on the quality and type of milk used, it can have a bluish hue. Its characteristics do not make it suitable for direct commercialization as liquid serum, which makes it difficult for market acceptance. The usual destination, given the protein load, of a part of the whey is the low-yield pig feed. In addition, the volume, and its organic matter content, is a potential environmental risk. The reality is that a large part of dairy producers have it without prior treatment, because so far, a cost-effective application has not been found. However, the production of polylactic acid from whey is currently a profitable possibility. Polylactic acid can be obtained through a double fermentation process, the scale of production can be even from small cooperatives, and its destination will depend on whether it is biodegradable or not, from suture threads to filaments for 3D prints, among others.

1. Introducción

El lactosuero o suero de leche es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso, a veces, un poco azulado (el color depende de la calidad y el tipo de leche utilizada en su obtención). Es el coproducto más abundante de la industria láctea, resultante después de la precipitación y la remoción de la caseína de leche durante la elaboración del queso y la fabricación de caseína. Es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido. El lactosuero es un subproducto cargado de materia orgánica con potencial riesgo ambiental. La realidad es que una gran parte de los productores lácteos disponen del mismo sin previo tratamiento, o bien una parte es destinada a alimentación porcina de bajo rendimiento, dado que, hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable.

La demanda mundial de la población por una mayor conciencia y acciones en consecuencia en relación al cuidado del medio ambiente, ha llevado a un incremento globalizado y sostenido para satisfacer a los consumidores. Esto ha llevado por ejemplo, al reemplazo de ciertos materiales y productos por otros cuyo perjuicio al medio ambiente sea menor. Por otro lado la reutilización de productos de desecho para obtener materiales amigables con el medio ambiente se produce con una mayor rapidez con respecto a la fabricación de nuevos materiales. Es así que en el caso del suero proveniente de la industria láctea fundamentalmente bovina, se busca utilizar las proteínas y polisacáridos, altamente biodegradables, como materia prima para nuevos materiales y nuevos productos. Es por esto que el ácido láctico proveniente del suero es objeto de investigación para obtenerlo no solamente a partir del suero lácteo. Desarrollos recientes lo sintetizan u obtienen por fermentación. Uno de los procesos comerciales está basado en la síntesis química a partir de lactonitrilo. Es una reacción que se realiza en fase líquida y a presión atmosférica. El ácido láctico se obtiene por hidrólisis del lactonitrilo con ácido sulfúrico o ácido clorhídrico concentrados. A través de esta reacción se obtiene el ácido láctico racémico. Para favorecer que la reacción sea estereoespecífica, es decir obtener ácido L (+) o D (-) poliláctico, distintas cepas de bacterias ácido lácticas (LAB), han sido probadas. La elección de la cepa también depende del sustrato a ser fermentado. El objetivo es ampliar su utilización en diversas industrias de tal manera de ampliar el uso tradicional que se realiza en las industrias cosmética y farmacéutica a otras, por ejemplo a partir de la elaboración de tintas para ser utilizadas en la industria textil y litográfica. Las características del ácido L (+) poliláctico lo constituye en un reemplazante de productos derivados del petróleo, sus ésteres tienen una performance adecuada y son solventes verdes. Como termoplásticos son transparentes y su biodegradación es controlable a partir del ajuste de su composición. En cuanto a sus propiedades como plástico, son similares a los obtenidos a partir del petróleo. El objetivo del presente trabajo es evaluar la factibilidad de la síntesis del ácido L (+) poliláctico y su utilización en productos en los que hasta ahora no se había utilizado.

El ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico / 2-ol-propanoico ($\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})\text{H}_2\text{COOH}$)), fue aislado e identificado en 1780 por Scheele en una muestra de leche agria, fue reconocido como producto de fermentación en 1847 por Blondeaur, la producción por fermentación a escala mundial comenzó hacia 1881. El ácido láctico posee 2 isómeros ópticos, el D(-) (dextrógiro) y el L(+)(levógiro), además de una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L(+) y D(-). El isómero L(+) es metabolizado por el organismo humano.

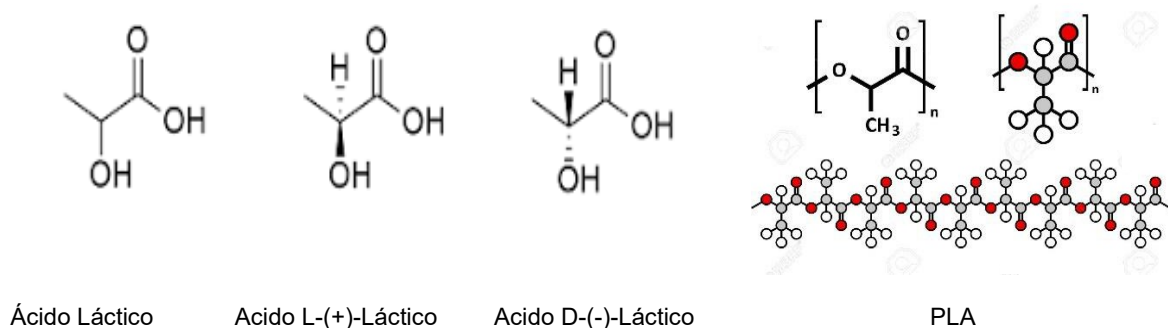


Figura 1. Ácido Láctico y Poliláctico

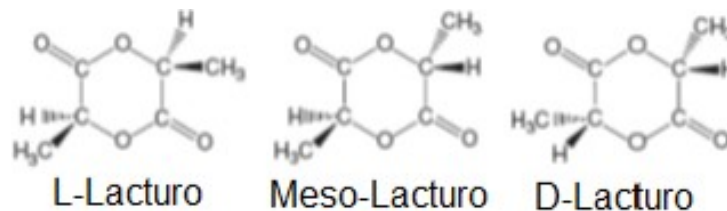


Figura 2. Isómeros ópticos de Lacturo

Todas las formas, ópticas y racémica, son líquidas a temperatura y presión ambiente, siendo incoloros e insolubles en agua. En estado puro son sólidos de punto de fusión bajo, aunque de difícil determinación debido a que son altamente hidróscopicos, lo que dificulta su obtención en forma anhidra; por lo que se manipulan entre los 18 y 33 °C. El punto de ebullición del producto anhidro se ubica entre los 125 y los 140 °C. Dado que ambas formas isoméricas pueden ser polimerizadas, se pueden producir polímeros con diferentes propiedades según sea su composición.

Fue en los años 60 que se descubrió su utilidad en aplicaciones biomédicas al fabricarse hilos de sutura, clavos auxiliares en fracturas óseas, etc. Los PLA poseen propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50 °C y 80 °C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130 °C y 180 °C [1]. El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo [4].

2. Desarrollo

2.1. Análisis Técnico

El ácido láctico se puede obtener por síntesis química, o por fermentación de hidratos de carbono, mediante un proceso económico, y fácilmente disponible. El resultado del primer proceso es una mezcla racémica de los ácidos lácticos, mientras que el segundo conduce a un estereoisómero de ácido láctico D(-) o L(+). El 90,0 % de la producción mundial de ácido láctico se consigue por fermentación, lo que demuestra la preferencia por este método frente a la síntesis química. Cabe aclarar que, como fuente de hidratos de carbono para dicha fermentación, puede usarse bagazo de caña de azúcar, arroz, salvado de trigo, mazorcas y residuos de mazorcas de maíz, orujo de manzana, y por supuesto lactosuero. Uno de los principales intereses científicos es la reducción de costos de materias primas, y el mejoramiento de los niveles de producción de ácido láctico por medio de la fermentación. Así, se han planteado alternativas más económicas para obtener ácido láctico. En lugar de partir de la fermentación de azúcares refinados, se ha propuesto utilizar productos, o residuos, alimenticios agroindustriales entre los que se identifican los almidones, y el lactosuero, entre otros. Por otra parte, se han realizado numerosas investigaciones sobre el desarrollo de procesos biotecnológicos para la producción de ácido láctico, con el objeto de optimizar el proceso desde el punto de vista técnico, y económico, involucrando diferentes cepas de bacterias lácticas, y algunos hongos filamentosos, como principales fuentes para la producción de ácido láctico.

Según el procedimiento que se utilice, se puede obtener PLA con distintas características biodegradables. El estudio de mercado indicará las características específicas, o en el tiempo, una producción variada, utilizando distintas cepas por lote. Se utilizarán aplicaciones informáticas específicas que permitirán realizar las modelizaciones, y simulaciones, de los escenarios técnicos y financieros. La escala, inicialmente propuesta, es al nivel PyMEs y/o MiPyMEs, con una producción diaria entre 5.000 y 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por sólo un productor, o varios en forma de cooperativa. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos

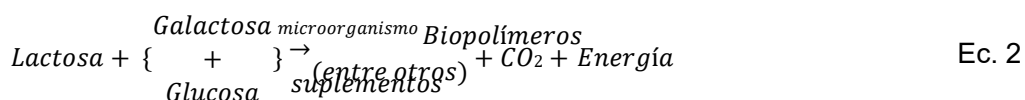
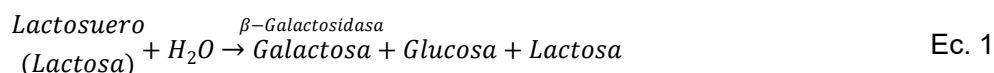
La obtención de PLA puede realizarse mediante el empleo de microorganismos como *Lactobacillus delbreuckii*, subespecies *delbreuckii* y *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus amylovorus* y *Lactobacillus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *E. coli* recombinante [2], [3], [9].

En la Tabla 1 se resumen algunos ejemplos de procesos fermentativos,

Tabla 1 Algunos ejemplos de procesos fermentativos.

Tipo de fermentación	Microorganismo	Obtención de Ácido Láctico (g/L)	Bibliografía	Características
Lote	Lactobacillus casei ATCC 393	1,1	(M & P, 2013)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei NBIMCC 1013	33,73	(Kosseva, 2010)	Desproteínización por filtración
Lote	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	16	Lote (Panesar, Kennedy, Gandhi, & Bunko, 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus casei & Lactobacillus sp	14,8	(Panesar et al., 2007)	Sistema de células inmovilizadas
Continua	Lactobacillus helveticus	19-22	(Schepers, Thibault, & Lacroix, 2006)	Permeato de suero
Lote	Lactobacillus helveticus	10	(Tango & Ghaly, 1999)	Suero ultra filtrado

El PLA, es un compuesto generado por la polimerización del ácido láctico obtenido de la fermentación de azúcares, por un doble proceso de fermentación y polimerización. El mismo es llevado a cabo por diferentes bacterias homolácticas con rendimientos de más del 95% respecto a la conversión del azúcar en ácido láctico. El proceso se lleva a cabo a baja concentración de oxígeno, una entre 5,4 y 6,4 y a una temperatura aproximada de 38 a 42 °C.



Según la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero, presentan una gran variedad de propiedades físicas. Entre ellas se encuentra que no son tóxicos, son biodegradables, además de termoplásticos, elastómeros, enantiómeros puros, piezoeléctricos, y con alto grado de polimerización y pesos moleculares muy altos. Los productos obtenidos se destacan por ser excelentes barreras para el oxígeno y los olores, solubles al agua (aunque pueden tratarse para ser insolubles y formar buenas barreras contra el vapor), contar con superficies transparentes y brillantes, y no proporcionar sabores extraños. Actualmente, se trabaja en la creación de biofilms con buenas propiedades mecánicas y que puedan ser extruidos [3].

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se considerará, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche sin proceso de desproteínización, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del Lactobacillus sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4,4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [5].

El sector industrial utiliza el método homo-fermentativo, que posee rendimientos de conversión de la glucosa en ácido láctico es más del 90%, y niveles más bajos de subproductos. Las condiciones del proceso de fermentación son pH ácido cercano a 6, temperatura alrededor de 40°C y bajas concentraciones de oxígeno. El principal método de separación consiste en agregar CaCO₃, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, NaOH, o NH₄OH para neutralizar el ácido de fermentación y dar soluciones lácticas solubles, que son filtradas para remover biomasa y productos insolubles. El producto es luego evaporado, cristalizado y acidificado con ácido sulfúrico para obtener ácido láctico crudo [7].

A nivel laboratorio las pruebas consisten en analizar el primer proceso de fermentación utilizando bacterias de yogurt, dada la problemática del manejo de cepas peligrosas y la lógica necesidad de gestionarlos permisos en la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

Mediante un sensor de acidez (pHmetro), se controla la adición de hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), neutralizando el ácido láctico, y produciendo lacturo de calcio. Mientras que la temperatura se regula mediante el uso de un serpentín.

2.2. Análisis de la demanda

La concentración de los productores lácteos deberá ser tenida en cuenta junto con la demanda al momento de evaluar la ubicación geográfica de una futura planta de procesos. La Tabla 2 muestra la distribución de tambos y rodeo lechero en la República Argentina, y está confeccionada por la Apymel (Asociación de Pequeñas y Medianas Empresas Lácteas)

Tabla 2. Distribución de tambos. (SENASA, marzo 2017)

Provincia	Tambos	%	Vacas	Vaquillonas	Ternereras	Total
SANTA FE	3.972	35,1%	522.581	227.995	144.719	895.295
CORDOBA	3.393	30,0%	549.090	225.078	159.593	933.761
BUENOS AIRES	2.504	22,1%	484.273	192.764	153.109	830.146
ENTRE RIOS	859	7,6%	84.060	38.344	21.315	143.719
SANTIAGO DEL ESTERO	213	1,9%	29.277	9.969	7.943	47.189
LA PAMPA	209	1,8%	30.827	14.950	8.092	53.869
SALTA	51	0,5%	6.914	3.218	1.697	11.829
TUCUMAN	47	0,4%	4.423	2.099	916	7.438
SAN LUIS	20	0,2%	4.087	2.411	1.001	7.499
RIO NEGRO	12	0,1%	1.892	1.136	714	3.742
CHUBUT	9	0,08%	252	70	46	368
MENDOZA	8	0,07%	423	107	67	597
CATAMARCA	7	0,06%	870	443	292	1.605
JUJUY	7	0,06%	402	69	61	532
SAN JUAN	4	0,04%	280	115	66	461
CORRIENTES	3	0,03%	52	37	10	99
SANTA CRUZ	2	0,02%	249	46	33	328
CHACO	1	0,01%	32	17	18	67
FORMOSA	1	0,01%	5	4	1	10
LA RIOJA	1	0,01%	6	2	1	9
MISIONES	1	0,01%	3	-	-	3
NEUQUEN	1	0,01%	3	-	-	3
TIERRA DEL FUEGO	1	0,01%	66	16	9	91
TOTAL	11.326	100%	1.720.067	718.890	499.703	2.938.660

La Apymel nuclea alrededor de 160 empresas lácteas a nivel MiPyMe, las que emplean unas 6000 personas, produciendo alrededor de 900 toneladas mensuales de queso. Estos datos indican la potencial obtención de nueve millones de litros de lactosuero mensuales.

Mientras que las empresas, potenciales clientes, se encuentran radicadas en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, incluso en Santa Fe, y utilizan pellets para fabricar productos plásticos [10]. La Tabla 3 es una lista inicial de estos potenciales clientes.

Tabla 3. Potenciales clientes de PLA

ADOC envases SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Capoplast – Industrias Plásticas	Alta Córdoba	Córdoba
Establecimiento ALH SRL	Villa Santa Rita	CABA
Duzzen SA	Tres de Febrero	Buenos Aires
Flexodian-impresion y extrusion de plasticos	La Matanza	Buenos Aires
Her Plast SRL	Vicente Lopez	Buenos Aires
Industria Plástica Echeverría SRL	Núñez	CABA
Inyectal ATM SRL	Tres de Febrero	Buenos Aires
Plastiandino SA	San Rafael	Mendoza
Super-Bol SRL	Barracas	CABA
Termoplástica San Rafael SRL	San Rafael	Mendoza
Tom Plast	Lanús	Buenos Aires

2.3. Análisis de escala

La escala está supeditada a la expansión geográfica de los productores de lactosuero (oferta), y de los consumidores de PLA (demanda). Como se explicara, por cada kg de queso fabricado se obtienen de 9 a 12 litros de lactosuero [8], dependiendo del tipo de queso, y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso, tomando un promedio 10 litros de lactosuero/kg de queso producido, resultando una oferta aproximada de 4.000 millones de litros de suero por año, de los cuales el 55% corresponde a pequeños y medianos productores. La dificultad de la oferta, en este contexto, radica en la falta de hábito respecto a disponer correctamente del lactosuero. Los productores queseros prefieren evitar los costos de transporte, y desechar el mismo, desconociendo el impacto ambiental que esto provoca.

Por su parte la dificultad en la demanda radica en que se distribuye mayoritariamente en Buenos Aires, sin embargo, existe una demanda importante en Córdoba y Mendoza (Tabla 3). La escala de la planta, entonces, deberá ser evaluada en conjunto con la información que brinda la Apymel, a modo de definir la cantidad de plantas apropiada, su distribución y envergadura.

Del mismo modo, aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtiene de 9 a 12 litros de lactosuero [6], dependiendo del tipo de queso y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Teniendo en cuenta la proporción más desfavorable (9 litros de lactosuero/kg de queso producido) y los datos de producción mundial de queso (FAOSTAT), la producción mundial de lactosuero en el 2005 fue de 1.6.1011 litros diaria.

Las problemáticas a abordar por esta investigación, entonces, involucran la valoración del rendimiento técnico en la obtención de PLA en lactosuero y la rentabilidad económica del proceso. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán para cada planta tres líneas de proceso, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero. Estas consisten en el primer, y segundo lote de fermentación, además de una tercera línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, deberá ser distribuida entre las plantas según una adecuada distribución geográfica de las mismas.

Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se consideró, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4.4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas [13].

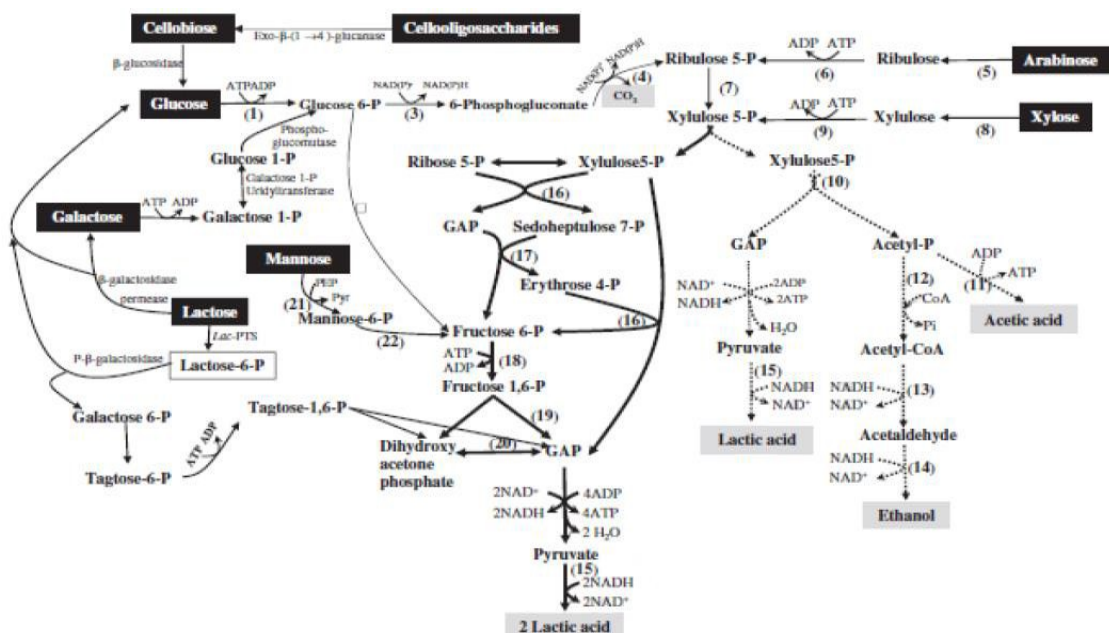


Figura 3. Proceso de obtención de PLA por vía biotecnológica [11]

En este contexto, para el estudio de pre-factibilidad, se relevó la información, detallada en la Tabla 4, de un emprendimiento similar [14], en el que se plantea satisfacer una demanda de 210.000 toneladas anuales de PLA, lo que equivale a tratar cerca de 20.000 litros por hora de lactosuero, una planta así podría tratar el producido por todas las PyMEs adheridas a la Apymel en la misma escala.

Tabla 4. Resumen de Inversión y Costos del Proyecto

Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos Directos	USD	1.010.374,29	USD 1.705.384,24	USD 9.056.329,54
		Costos Indirectos	USD	221.543,86		
		Terceros	USD	61.595,91		
		Eventuales	USD	123.191,81		
	Capital de Operación		USD	288.678,37		
Costos de Producción		Costos Directos e Indirectos	USD	6.683.219,32	USD 7.350.945,30	
		Costos Fijos	USD	279.136,53		
		Gastos Generales	USD	388.589,44		

3. Conclusiones

Se propone interactuar con el Sector Lácteo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y/o el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), a los efectos de disponer, tanto de material estadístico, como posibles beneficiarios directos (productores) del proyecto. La fragilidad medioambiental ha motivado la revisión de estos procedimientos de la industria láctea, particularmente la fabricación de quesos y sus derivados. La composición del lactosuero incluye al ácido láctico, este ácido es el monómero del ácido poliláctico (PLA), al que actualmente se le han encontrado muchos usos, entre ellos hilos de sutura biodegradables, y material para impresoras 3D. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención. Así, en primera instancia se beneficiará el medio ambiente, y todo lo que lo compone, además de permitir aumentar la rentabilidad de la actividad, y del sector productor. Del mismo modo podrían disminuir los costos de los productos derivados en cuestión, que actualmente se importan, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas. Dadas las distancias geográficas, es recomendable dimensionar considerando la instalación de varias plantas, analizando si los costos de transporte, tanto para la provisión de la materia prima como para la distribución del producto terminado, podrán ser absorbidos en el tiempo de amortización. Se debe considerar, además, la estabilidad económica necesaria, donde los inversores puedan contar con reglas claras, un período de amortización razonable, entre dos y tres años, contando con la posibilidad de acceso a líneas de crédito bajo condiciones de factibilidad. Dados los datos de oferta y demanda, es recomendable que la dimensión, en primera instancia, satisfaga el mercado regional, minimizando costos de transporte y comercialización exterior, disminuyendo las importaciones actuales.

La escala, inicialmente propuesta entonces, a nivel PyMEs y/o MiPyMEs, deberá considerar además la cautela de los posibles inversores. De este modo, se considera como razonable un período de dos a tres años para la amortización del emprendimiento, quedando sujeta la dimensión final de la planta a la cantidad y accesibilidad a la materia prima, la distribución geográfica de los productores y demandantes, posibilidad de acceso de los interesados a líneas de crédito, y las condiciones de acceso a las mismas. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por varios productores en forma de cooperativa.

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre u\$s 800 y u\$s 900 por tonelada, mientras que la tonelada de ácido poliláctico se comercializa en plataformas de e-commerce (Alibabá, MercadoLibre, Amazon, e-Bay, etc.) a un valor promedio desde u\$s 2.400 a u\$s 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación.

Tabla 5. Resumen del análisis de pre-factibilidad

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	\$3.000
Tasa de Referencia	12.0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48.0%
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	2 años y 2 meses

4. Referencias

- [1] D. Bello Gil. Plásticos biodegradables, una alternativa verde. Ecositio. 2009.
- [2] P. Suriyamongkol, R. Weselake, S. Narine, M. Moloney and S. Shah, S. Biotechnological approaches for the production of polyhydroxyalkanoates in microorganisms and plants — A review. *Biotechnology Advances*, vol. 25(2), pp. 148-175, 2007.
- [3] M.G.A. Vieira, M.A. da Silva, L.O. dos Santos and M.M. Beppu. Natural-based plasticizers an biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, vol 47(3), pp. 254-263, 2011.
- [4] Koller, M., Bona, R., Chiellini, E., Fernandes, E. G., Horvat, P., Kutschera, C., Braunegg, G.. Polyhydroxyalkanoate production from whey by *Pseudomonas hydrogenovora*. *Bioresource Technology*, 99(11), 4854-4863. 2008.
- [5] A. C. Soto Montes. Evaluación de la producción de ácido láctico empleando residuo de mora y suero de leche en un sistema de lote. Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Medellín. 2015.
- [6] J. Sánchez. Potencial biotecnológico de bacterias tácticas silvestres en productos lácteos fermentados: actividad metabólica y producción de exopolisacáridos. Tesis para optar el grado de Doctor. Departamento de Biología Funcional de la Universidad de Oviedo. Asturias. 2005.
- [7] Jayson Castro Gómez, Melisa P. Gómez Calderón. Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido poliláctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias, Colombia 2012.
- [8] M. Hernández Rojas, J. F. Vélez-Ruiz. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de la América, Puebla. 2014.
- [9] A. M. Rojas, L. P. Montaña, M. J. Bastidas. Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Rev. Colomb. Quim.* 2015, 44 (3), 5-10. 2015
- [10] Giaroli, G. N., Maggioni A. A. (2015). Producción de Poliacidoláctico por ROP en la provincia de Buenos Aires. Estudio de prefactibilidad. Facultad de ciencias aplicadas a la industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael, Mendoza.
- [11] Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y. y Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. En: *Biotechnology Advances*. Vol. 31, no. 6, p. 890.
- [12] Castro Gómez, J., Vera Calderón, M. P. (2012). Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido láctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias.
- [13] Eneque Manayay, Y. M., Velázquez Millones, Luis Leonel. (2014). Síntesis de ácido láctico a partir de lactosuero desproteinizado utilizando *Lactobacillus Bulgaricus* aislado del yogourt. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Peru.
- [14] Yamunaqué Chero, K. M. (2015). Estudio de factibilidad Técnico-Económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido láctico (PLA) a partir del lactosuero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Peru.

Políticas Proactivas a largo plazo en La Inversión en Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico.

Tolon Estarelles, Pedro. *

Universidad de Buenos Aires Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires
(*) pedro.tolon@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo plantea el análisis realizado para estudiar el efecto que sobre un sistema socioeconómico complejo provocan las políticas proactivas a largo plazo en tasas constantes de Investigación y Desarrollo (I+i+D) en ciencia y tecnología. Se parte del supuesto de que el acervo de pensamiento proactivo y el enfoque estratégico es determinante en la política de toma de decisiones en trayectorias de evolución temporal que permitan alcanzar un estado plausible de equilibrio en economías en desarrollo, aún en contextos inciertos a través de distintos escenarios. En ese punto, se aseguraría el consumo per cápita óptimo plausible.

En particular, y en base a una visión neoclásica, se analizó la evidencia empírica en la evolución desde los 60's hasta el presente en dos economías emergentes en ese tiempo – *Corea del Sur y Argentina* -. Se desarrolló el planteo del problema e hipótesis, el objetivo, el marco teórico, la metodología de investigación y las conclusiones haciendo uso de modelos explicativos del crecimiento económico desarrollado por R. Solow [26], para el caso del contexto macroeconómico

Palabras Claves

Políticas a Largo Plazo. Toma de Decisiones. Pensamiento Proactivo. Inversión en Ciencia y Tecnología. Estado de equilibrio estacionario.

ABSTRACT

This paper presents the analysis carried out to study the effect of a long-term proactive policy on a complex socioeconomic system on constant rates of Research and Development (R + D) in science and technology.

The assumption is that the proactive think tank and the strategic approach are decisive in the policy of decision making in trajectories of temporal evolution that allow achieving a plausible state of equilibrium in developing economies, even in uncertain contexts through different scenarios. At that point, the optimal per capita consumption would be assured plausible.

In particular, and based on a neoclassical vision, empirical evidence was analyzed in the evolution from the 60's to the present in two emerging economies at that time - South Korea and Argentina -. The problem and hypothesis proposal, the objective, the theoretical framework, the research methodology and the conclusions were developed using explanatory models of economic growth developed by R. Solow [26], for the case of the macroeconomic context

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo plantea el análisis realizado para estudiar como condiciona el *acervo de pensamiento proactivo* y la *naturaleza de la resiliencia organizacional* la toma de decisiones y las trayectorias de evolución temporal en organizaciones que interactúan en sistemas complejos en contextos de incertidumbre. El contexto en el que se toman las decisiones en cada periodo presenta incertidumbre respecto al resultado esperado en escenarios futuros.

Se analizaron dos tipos de contextos organizacionales complejos: Economías emergentes – *Corea del Sur y Argentina*

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVO

2.1 Planteo del problema

En organizaciones de toda escala, la toma de decisiones es un proceso inevitable y esencial, existiendo la necesidad de recurrir a los mejores procedimientos que conduzcan a los mejores resultados posibles; sin embargo esa necesidad permite detectar como problema “la recurrencia habitual de los tomadores de decisión al proceso empírico de ensayo y error”, sin haber realizado previamente la adecuada adquisición de conocimiento del contexto conducente a una posible forma de representación y modelo que permita resolver el problema –*satisfacción de la necesidad*–, mediante el pensamiento crítico-lógico y/o modelos simbólicos adecuados de modo de tomar las mejores decisiones posibles para alcanzar los mejores resultados. Por otro lado, en este problema, la dinámica de la toma de decisiones responde la mayoría de las veces a factores no racionales tales como las *expectativas* y el *comportamiento imitativo*. Esto es válido tanto en el contexto macro como microeconómico. En el caso específico del contexto macroeconómico, Keynes (7) destaca la naturaleza imitativa que guía las decisiones de política económica.

La modalidad de la toma de decisiones se ve afectada por características tales como el *grado de desarrollo del pensamiento proactivo estratégico*; el *nivel de resiliencia [33] negativa al cambio*, que condicionan el logro de trayectorias temporales eficaces.

2.2 Hipótesis

En el contexto macroeconómico, se proponen como hipótesis:

2.2.1 La adquisición y mantenimiento en el tiempo de cultura de pensamiento proactivo estratégico en políticas de estado a largo plazo, es determinante para la reducción del tiempo en alcanzar un estado estacionario deseable que optimice el consumo per cápita posible.

2.2.2 Las culturas organizacionales con resiliencia positiva facilitan la adquisición de pensamiento proactivo estratégico.

3. OBJETIVO

Presentar una metodología que permite la evaluación y verificación - a través de estudio de casos históricos-, de que la existencia de pensamiento proactivo estratégico, favorecido por la naturaleza Resiliente positiva de la cultura organizacional, facilita alcanzar el estado de crecimiento estacionario óptimo en menor tiempo. Se presentan dos casos históricos, de economías emergentes,. Específicamente en Corea del Sur y el sector agroindustrial argentino, en adelante SAI, en el periodo de tiempo de la década del 60 hasta 2017.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Estado del Arte e Introducción:

R. Solow [26], propone un modelo, denominado neoclásico, en lo cual es determinante el nivel de inversión que se aplica sobre una economía, en cada periodo de decisión, a lo largo de trayectorias de largo plazo. En este marco teórico, se tendrá en cuenta el Modelo de R. Solow [26], con supuestos de una versión simplificada de R.Mankiw [14]. Para analizar las condiciones de ese modelo, se utilizará una función de producción específica, la función de Cobb-Douglas [3], que cumple con la propiedad de ser de tipo CES (Coeficientes de Elasticidad de Sustitución Constantes). Se tomarán como variables la inversión per cápita, la tasa de depreciación del capital social, la tasa de crecimiento demográfico y el factor g (tasa de progreso tecnológico) del modelo de Solow [26]. El análisis del factor g y la tasa δ (factor de depreciación total del capital per cápita) y su consecuencia en las trayectorias temporales de evolución del ingreso, capital y consumo per cápita, será las variables determinantes en este modelo teórico.

4.2 Modelo Neoclásico de Solow y la función de Cobb Douglas

En la teoría económica se trata de construir un modelo explicativo que oriente la política de largo plazo en la toma de decisiones conducentes a maximizar la función de bienestar de la sociedad, compatible con un nivel de desarrollo sustentable en el tiempo. El modelo de crecimiento neoclásico desarrollado por R. Solow propone una solución a este tema; asumiendo una función de producción del tipo CES (coeficientes de elasticidad de sustitución constantes), que para valores definidos de inversión, depreciación, amortización e innovación deseada g (tasa de progreso tecnológico), determinan un valor de capital per cápita en el estado estacionario de la economía (regla de oro). Partiendo del Modelo de Solow se analizará la influencia de la tasa de innovación tecnológica g_s en la determinación del punto de equilibrio estacionario de la economía. Sin embargo, existe, para cierto estado de equilibrio, un dominio incierto.

En este trabajo se quiere demostrar que es más posible alcanzar ese nivel de equilibrio, en menor tiempo, cuando se incorporan políticas y estrategias a largo plazo en un contexto de cultura proactiva. El factor g_s es el que finalmente mide el nivel de innovación y desarrollo tecnológico. Analizaremos en particular, sobre datos históricos, los casos comparados de Corea del Sur, el Sector Agroindustrial de Argentina y el de Argentina como un todo, partiendo de año de referencia 1966.

A partir del modelo neoclásico de Solow, sobre una función de Cobb-Douglas [3] de la forma explicitada en la ecuación (1), se asumen los siguientes supuestos:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1)$$

La función de producción macroeconómica de la ecuación (1), es de tipo CES (coeficientes de elasticidad de sustitución constantes), donde:

Y es la función de producción, A es una constante para un determinado nivel de tecnología, L es la fuerza laboral, K es el capital utilizado y el exponente α , tal que ($0 \leq \alpha \leq 1$) es el coeficiente de rendimientos marginales. Se cumplen, en (1), las condiciones de Inada [6] ecuación (2), tal que $f'(k)$ es la productividad marginal del capital.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f'(k) \rightarrow 0 ; \lim_{k \rightarrow 0} f'(k) \rightarrow \infty \quad (2)$$

Si: (1) es una función homogénea (rendimientos constantes a escala) y L es constante, puede expresarse en función del capital per cápita, ecuación (3), y la expresión del producto per cápita $f(k)$ estará dada, en este modelo simplificado por lo expresado en la ecuación (4)

$$k = \frac{K}{AL} \quad (3)$$

$$y = f(k) = k^\alpha \quad (4)$$

El modelo de crecimiento neoclásico de Solow presupone que el Producto Interior Bruto (PIB) Nacional es igual a la renta nacional, de modo que no existen importaciones y tampoco exportaciones. Entonces, la ecuación (5) expresará el producto per cápita en función del consumo, la inversión y el total de gastos del gobierno por trabajador, respectivamente.

$$y = c + i + gg \quad (5)$$

Donde c es el consumo, i es la inversión, gg son los gastos del gobierno (todos "per cápita"). Suponiendo una economía cerrada y omitiendo los gastos gg del gobierno, la producción por trabajador (per cápita), se reparte entre el consumo c privado y la inversión i privada por trabajador, con lo cual, finalmente, la inversión "per cápita", para una dada tasa de ahorro s es una función de y , tal que, ecuación (6)

$$i = sy = sf(k) \quad (6)$$

4.3 Tasas de crecimiento demográfico (n), depreciación (d) innovación tecnológica (g) en el estado estacionario

En el modelo de Solow, el estado estacionario, compatible con la maximización de la función de bienestar, medida por C_e , compatible con el desarrollo sostenible, se logra cuando

$$c_e = f(k_e) - (d + n + g)k_e$$

(7)

Donde d es la depreciación del capital per cápita y n es la tasa de crecimiento demográfico.

Y el máximo de la función consumo se alcanza cuando la productividad marginal del capital Pmg_k es lo expresado en la ecuación (8)

$$Pmg_k = f'(k) = (d + n + g)$$

(8)

La productividad marginal del capital neto, en el punto de equilibrio estacionario, para una dada tasa demográfica n será, en función de la tasa de progreso tecnológico, lo expresado en la ecuación (9)

$$Pmg_k - d = (n + g)$$

(9)

4.4 Incertidumbre del valor de g en el campo específico de la aplicación

El supuesto asumido en el modelo es que $f(k)$ tiene solución única, quedando determinado el capital per cápita k_e del equilibrio estacionario. En este estado, se completa el incremento de capital de cada período, quedando un capital total fijo sin variaciones adicionales en el tiempo (para valores paramétricos definidos de las tasas de ahorro, de cambio tecnológico, de crecimiento demográfico y de depreciación de capital). Sin embargo, a priori de las decisiones de inversión endógenas, el valor de k_e es *incierto*, ya que la productividad marginal del capital es un dato medible a posteriori para toda la inversión a nivel del agregado macroeconómico en un periodo de tiempo, pero cada uno de los decisores, en su respectiva unidad microeconómica, toma la decisión de inversión a priori en ese periodo de tiempo en función de las expectativas del valor esperado de la tasa interna de retorno calculada sobre el flujo de fondos futuros posibles.

Asumiendo una decisión de inversión de tasa constante por período (por ser la tasa de ahorro S constante en función de los supuestos anteriores, (6), *queda como variable endógena esencial, el valor de g . Se plantea el interrogante de si a priori de las decisiones a tomar, g tomará a posteriori el valor que debiera tener en cada período para alcanzar, en el menor tiempo, el punto de equilibrio estacionario del crecimiento económico. En la figura 1, el punto E de OE corresponde al Capital per cápita K_e de equilibrio en el cual, para valores estimados estadísticamente a priori de d (depreciación del capital social per cápita, n (tasa de crecimiento demográfico) y para un valor no conocido a priori de g (incierto), se alcanzaría, al cabo de una trayectoria de tiempo de sucesivas etapas de inversión con tasas de ahorro endógenas constantes, el estado deseable de máximo consumo per cápita (optimización de la función de bienestar social), en régimen estacionario del crecimiento económico.*

El consumo per cápita está dado en cada punto de la abscisa k , por la diferencia entre la función de ingreso per cápita y la de inversión endógena per cápita. Se observa en la Figura 1 que para distintos valores posibles de g queda definido un intervalo de posibles valores de k en el entorno de K_e .

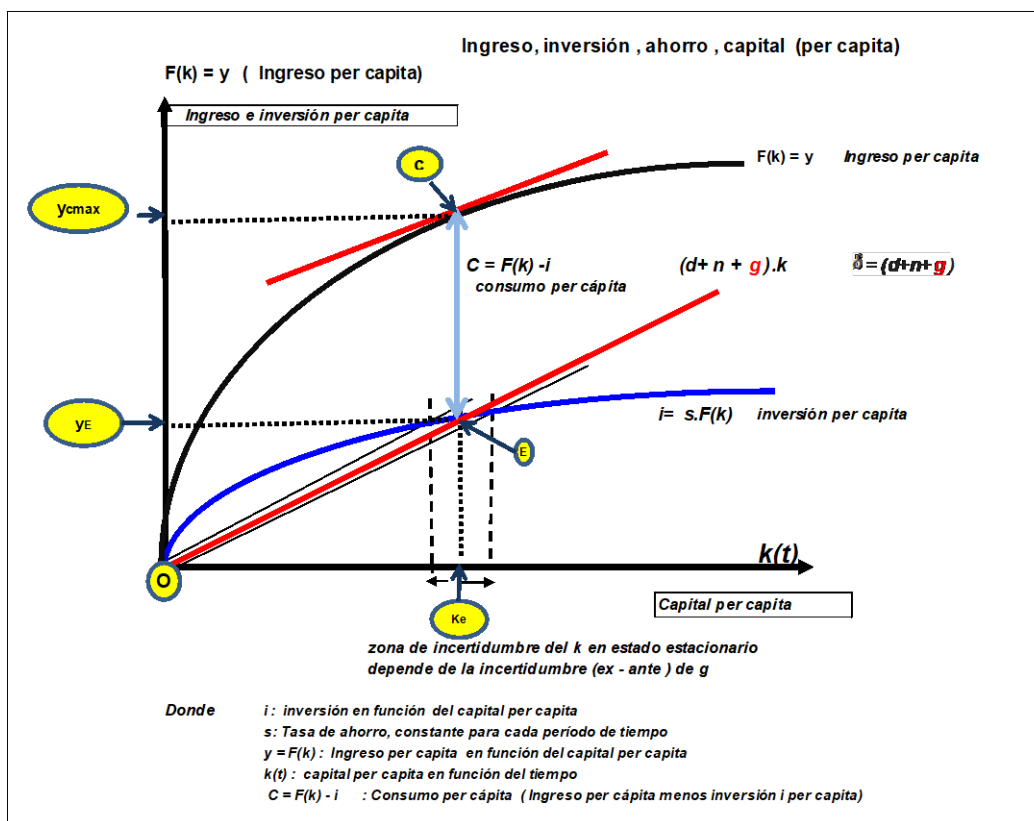


Figura 1: Ingreso, inversión, consumo en función del capital per cápita.

5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Se utilizará un diseño no experimental de investigación, dado que no es posible construir las condiciones de observación del problema. Por lo tanto, se consideran dos casos históricos específicos sobre los que es factible obtener información: Corea del Sur y el sector agroindustrial Argentino, durante el periodo histórico de los años 60's hasta el presente. El procedimiento que se empleará para adquirir el nivel de conocimiento de la realidad que se analiza en el problema específico planteado será el relevamiento histórico de los dos casos, a los cuales se aplicará la metodología hermenéutica o comprensivo-interpretativa de los casos analizados, asumiendo supuestos que simplifiquen el modelo de Cobb –Douglas, según lo propuesto por Mankiw [14] y estudiando la evolución, para esos supuestos, de la trayectoria temporal de los resultados alcanzados. A fin de verificar la validez de los supuestos planteados en la hipótesis, se usarán indicadores específicos basados en el modelo neoclásico de Solow, ya expuesto en el Marco Teórico 1.4, que analiza las condiciones teóricas del crecimiento y logro de estado estacionario a largo plazo para economías en desarrollo, en función de variables como la productividad marginal del capital y la relación- en cada etapa de decisión - entre el total de la inversión en investigación, desarrollo e innovación respecto del PIB. Dado el procedimiento de relevamiento histórico aplicado en cada uno de los dos casos, se analizarán las condiciones de Desarrollo Organizacional y Proactividad existentes en ambos casos, que pueden explicar y validar (o refutar) las hipótesis planteadas en 1.2. Específicamente, se analizará en cada caso la influencia del factor g , (que a su vez es la consecuencia de determinadas políticas de estado

6 ESTUDIO DE CASOS

6.1 Casos analizados: Asumiendo que la tasa de inversión en investigación y desarrollo ($I+i+D$), es el factor decisivo para asegurar el desarrollo sustentable a largo plazo y que es una medida estimada de g , se han tomado como verificación empírica histórica de los supuestos planteados en la hipótesis, los casos de:

1.6.1.1 Corea del Sur (1966 al presente) y 1.6.1.2. Sector Agroindustrial Argentino- SAI- (1966 al presente)

6.1.1 Corea del Sur (1966 al presente): Los datos sobre Corea del Sur provienen de la conferencia brindada por el Sr. Embajador de Corea del Sur, Sr Choo Jong-Youn [33] en Argentina, el 15 de junio de 2017, en el aula magna de la Universidad Atlántida Argentina Esta conferencia permitió adquirir r los siguientes datos clave sobre Corea del Sur: Tasa de inversión

en investigación, innovación y tecnología: 4,5 % en relación al PIB, [año 2014] ; Tasa de ahorro S: 31 % del ingreso ; Tasa promedio de inversión desde 1966 (factor g): 4,20 % ; Cantidad de patentes registradas por año en Corea del Sur ;11869

Según lo desarrollado en I.4.2, se considera una Función de Producción de Cobb-Douglas (CES), con los siguientes supuestos de G. Mankiw [14], aplicados al caso de Corea del Sur., Donde:

At: es el factor tecnológico que mide la productividad, se considera constante., **α:** es la elasticidad producto del capital per cápita. Si el valor se supone igual a 0,5 significa que un aumento del 1% en el capital per cápita provocaría un incremento del 0,5 % en el ingreso per cápita., **S:** es la tasa de ahorro endógena, con valor de **0,310 dato, (11)**, **d:** es la tasa de depreciación del capital: **0,10, n :** es la tasa de crecimiento demográfico : **0,025, g :** es el factor de innovación tecnológica de Solow , equivalente a la tasa de (I+i+D)/PIB : **0,042 dato , (12)**, **δ = (d+n+g):** es la pendiente de la recta OE de la figura 1, que representa la función de la depreciación total per cápita, (d+n+g) k. En el caso **δ = (d + n + g) = 0,167, δ = (d+n+g)** es, según (8), la Productividad Marginal del capital per cápita en el estado de equilibrio E .En la figura 3 se representa, para el caso de Corea del Sur la variación de Años (columna 1) ,Capital per cápita **k** (columna 2),Ingreso per cápita **y** (columna 3) ,Consumo per cápita **c** (columna 4) ,Inversión per cápita **i** (columna 5),Depreciación total del capital per cápita **δ = (d+n+g):dep k** (columna 6) ,Variación del capital per cápita (inversión menos depreciación) (columna 7) .*Hasta llegar al equilibrio estacionario, cuando la variación del capital per cápita tiende a cero.* En la figura 3, ese punto de equilibrio se observa al cabo de 16 años, para el modelo con estos supuestos aplicados a la economía de Corea del Sur. En el punto E (figura 1) , el capital per cápita de equilibrio es **Ke. = 3,440**

Aproximación al estado estacionario.
Ejemplo utilizando la función ideal de Cobb Douglas

$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$ $0 < \alpha < 1$ **Caso : COREA DEL SUR**

donde asumimos la función simplificada $y = k^{1/2} = \sqrt{k}$
 $A = 1$ $\alpha = 1/2$
 Si los parámetros A y α de la función están dados y suponemos fija la tasa de ahorro y

Ke = 3,44 al cabo de **14 años**

Escenario K , con g =	a	S	Ko	d	n	depreciación tasa demog.
		4,20%		0,100	0,025	
Factor tecnológico (cte)	coef	Tasa de ahorro	tasa dng	capital per cápita (inicial)	g	(I+i+D) / PIB
					0,042	
					0,167	

(t)

	1,000	0,500	0,310	0,167	3,4
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Año	k (K/L)	(3) = Rañ(2)	(4) = (3) - (5)	(5) = e ⁻¹ (3)	(6) = (2) * t	(7) = (5) - (6)
	Capital per cápita inicial	Producto per cápita inicial	Consumo per cápita inicial	Inversión per cápita inicial	depreciación de k	Inversión menos depreciación
1	3,44	1,850	1,277	0,574	0,572	0,002
2	3,426	1,851	1,277	0,574	0,572	0,002
3	3,427	1,851	1,277	0,574	0,572	0,002
4	3,429	1,852	1,278	0,574	0,573	0,001
5	3,430	1,852	1,278	0,574	0,573	0,001
6	3,432	1,852	1,278	0,574	0,573	0,001
7	3,433	1,853	1,278	0,574	0,573	0,001
8	3,434	1,853	1,279	0,574	0,573	0,001
9	3,435	1,853	1,279	0,575	0,574	0,001
10	3,436	1,854	1,279	0,575	0,574	0,001
11	3,437	1,854	1,279	0,575	0,574	0,001
12	3,437	1,854	1,279	0,575	0,574	0,001
13	3,438	1,854	1,279	0,575	0,574	0,001
14	3,439	1,854	1,280	0,575	0,574	0,001
15	3,439	1,855	1,280	0,575	0,574	0,001
16	3,440	1,855	1,280	0,575	0,574	0,000

Figura 3: Caso COREA DEL SUR. Tiempo en alcanzar el estado estacionario.

6.1.1.2 Tiempo para alcanzar el estado estacionario:

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones y aplicando la función de Cobb-Douglas [3], con la forma simplificada de la Figura 3, y partiendo de 1966 como año 1, con tasa de g = 4,2%, y de ahorro del 0,31%, suponiendo además que estas tasas se reiteran en forma constante en n períodos de decisión,

Surge que se alcanza el equilibrio estacionario (variación de capital per cápita igual a cero), al cabo de 16 años (1982), con un capital per cápita de equilibrio de **3,440**. (Figura 3)

En la Figura 7 se muestra del capital per cápita en función del tiempo.

Puede observarse que, al llegar al periodo estacionario, los valores de k se mantienen constantes.

En este tiempo, se alcanza el óptimo de la función de bienestar social a largo plazo, maximizando el consumo per cápita de la sociedad.

6.1.1.2 Comparación de los resultados estudiados en este caso con las proposiciones de la hipótesis:

“La adquisición y mantenimiento en el tiempo de cultura de pensamiento proactivo estratégico en políticas de estado a largo plazo, es determinante para la reducción del tiempo en alcanzar un estado estacionario deseable que optimice el consumo per cápita posible.”

“Las culturas organizacionales con resiliencia positiva facilitan la adquisición de pensamiento proactivo estratégico.”

¿Lo estudiado en el caso de Corea del Sur, fue el resultado de un pensamiento proactivo y estratégico a largo plazo?

¿Puede afirmarse que en el caso de Corea del Sur existe resiliencia organizacional positiva?

Respuesta a la primera pregunta (primera proposición de la hipótesis): *Lo que surge del análisis histórico de Corea del Sur, con posterioridad a la Guerra de la década de los '50 parece ser afirmativa, a la luz de los siguientes hechos verificados históricamente y refrendados por el Sr. Embajador de Corea del Sur, Sr Choo Jong-Youn [35], en una conferencia dada en la Universidad Atlántida Argentina, en el año 2017.*

- a) La guerra de Corea dio lugar a una política de estado – sustentada con el apoyo de EEUU , con el llamado “pacto de sangre” de establecer en la península un enclave anticomunista con alto desarrollo industrial (hubo 2 millones de bajas coreanas, y 65.000 de EEUU)
- b) En 1961 , el Mayor General Park Chung-hee generó un golpe de estado militar, que gobernó al país durante 20 años Durante ese período de régimen autoritario, con política de estado constante de industrialización forzada, basada en la inversión privada endógena (El Milagro del rio Han), Corea multiplicó por 13 el nivel de ingreso per cápita respecto a Corea del Norte.
- c) Recién en 1980 una sociedad civil establece un gobierno democrático
- d) El “Milagro del Río Han”. Fue el resultado de una gran inversión en Investigación y Desarrollo (I+i+D), especialmente del sector privado, que incrementó el número de científicos que aportaron innovaciones y tecnologías a una industria incipiente. Efectivamente, las políticas coreanas llevaron el ingreso per cápita a 26.000 dólares (2013), bajaron el desempleo a 3,4% (2014) y la economía alcanzó el 12º lugar en el mundo, por lo que la ONU, el Banco Mundial y el FMI calificaron a Corea como “país desarrollado”. Es la quinta nación que más invierte en I+D, sólo superada por los Estados Unidos, China, Japón y Alemania, aunque Corea tiene el porcentaje más alto de inversión privada: 75% (los Estados Unidos 62%, España 53%, la Argentina menos de 25%).
- e) La tasa de (I+i+D/PIB) , es el valor relacionado con el factor g en el modelo de Solow (ver I.4.1)
- f) En 2013 Corea encabezó el ranking de inversión en I+D en relación al PIB: 4,36% (la Unión Europea 4%, España 1,30%, la Argentina 0,58%).
- g) Corea incrementó los institutos de ciencia y tecnología, con personal científico en I+D que alimenta una industria de altas tecnologías y logra más de 100.000 patentes/año, cantidad sólo inferior a la de Japón y los Estados Unidos. Toda América latina registra unas 1.500 patentes/año, España promedia las 2.500 y la Argentina, 250. Para Corea el motor de su transformación fue la educación, a la que destina el 7% de su PIB. El índice de alfabetización llega al 95% y las pruebas PISA de calidad educativa la ubican en los primeros puestos desde hace varios años

Respuesta a la segunda pregunta (segunda proposición de la hipótesis): *“Las culturas organizacionales con resiliencia positiva facilitan la adquisición de pensamiento proactivo estratégico.” La resiliencia positiva es la capacidad que tiene una organización para incorporar paradigmas o impactos negativos sobre su cultura tradicional, para a partir de ellos, desarrollar (autopieticamente), respuestas hacia el medio no solo de defensa, sino de facilitar su evolución interior hacia estados más altos de Desarrollo Organizacional. Por el contrario, la resiliencia negativa, afirma sistemas cerrados, con crecimiento de la entropía, que a mediano plazo son eliminados del proceso evolutivo organizacional.*

En el año 1980, luego de un proceso de gobernanza autoritario, Corea del Sur logró instalar un sistema de gobierno democrático. Sin embargo, el profundo cambio político no solo no modificó, sino que potenció aún más la política de estado respecto de las estrategias a largo plazo. Esto va en la dirección de sustentar una conducta Resiliente positiva

6.1.2. Sector Agroindustrial Argentino- SAI- (1966 al presente)

6.1.2.1 : Influencia de la tasa de participación de g (tasa de investigación y desarrollo en el sector agroindustrial) en el ingreso per cápita

El estado estacionario alcanzable (ver I.4.1) dependerá de la participación relativa de la tasa de investigación y desarrollo respecto del PIB que sea el resultado de un proceso de decisión económico en el tiempo. En una economía como la de Argentina, un indicador aproximado de esta proporción es el monto de contribución al PIB del sector agroexportador, que contribuye en más

del 60%, (Figura 5), Dr. Lema [10], con una dinámica de innovación histórica superior a la del sector industrial. El factor g final para la Economía Argentina puede expresarse como

$$g = a * g_A + b * g_{is}$$

(15)

Donde a y b son las contribuciones del Sector agroindustrial (SAI) y del resto de la economía (Sector industrial y Servicios), respectivamente, al total de g . Para estimar el valor de a en la ecuación (15), se utilizará el estudio realizado por el Dr. Daniel Lema [10], [11].

6.1.2.2 : Estudio del Dr. Lema sobre la Productividad de la Agricultura en Argentina.

El trabajo del Dr. Lema analiza la evolución de la producción y productividad de la Agricultura en Argentina y compara los resultados con los de otros países de la región del Cono Sur. Esta metodología fue tomada como base para obtener información histórica verificada y conclusiones de cuál fue la mejor estimación de la tasa de (I+i+D)/PIB sectorial, equivalente (ver I.4.1) a la medida del factor g en el sector agroindustrial argentino. En ese trabajo, la productividad se mide por el PTF (Productividad Total de los Factores), que se desagrega en sus principales componentes: 1. cambio técnico, 2., cambio en eficiencia técnica y 3. cambio en eficiencia de escala. Para asegurar la robustez de los resultados, en el trabajo del Dr. Lema se utilizaron estimaciones usando un método no paramétrico alternativo, siguiendo la metodología de O'Donnell [21, 22], que calcula índices tipo Färe-Primont [5] de productividad. El programa usado en ese trabajo fue DPIN O'DONELL, [21, 22], que permite la descomposición de productividad siguiendo la teoría de números índices y el análisis de envolvente de datos (DEA). Los datos de producción e insumos se obtuvieron de la base FAOSTAT. [4] El PTF es la ratio de la producción respecto del vector de insumos relevantes. La variación del PTF en el tiempo puede descomponerse (O'DONELL, [21, 22]) en: Variación de cambio tecnológico (dTech) (desplazamiento de la frontera de producción). Variación en la eficiencia técnica (movimientos de acercamiento o alejamiento a la frontera). Variación en la eficiencia de escala (movimientos sobre la frontera para capturar economías de escala).

1. En particular, para la verificación del impacto de la influencia de g_A en el sector agroindustrial, interesa la variación del cambio tecnológico (dTech). Del estudio del Dr. Lema surge como conclusión empírica verificada que los determinantes más dinámicos del comportamiento de la PTF agrícola en Argentina en el largo plazo (1961 a 2012) han sido: 1) La eficiencia de escala, 2) El cambio tecnológico. (dTech). Esto i innovación tecnológica, relacionada en este caso, por dTech. Del cuadro de la Figura. 4 surge que la tasa indica una actitud proactiva y estratégica, por parte de los decisores clave del sector, en apostar a la innovación tecnológica, relacionada en este caso, por dTech. Del cuadro de la Figura. 4 surge que la tasa anual de dTech es: 31 % De la figura 5, surge que el **aporte de la CAI (Cadena agroindustrial al PBI) era del 18.5% (año 2005)** Se asume que el aporte de la Cadena industrial y de servicios al PBI es el complemento al total: 81,5 %.

Es decir en (15),

$$a = 0,185 \text{ y } b = 0,815$$

(16)

y reemplazando en (15) los valores (16) y el valor estimado de g_A que surge del estudio del Dr. Lema [], Figura 4, asimilando la **tasa $tac = g_A = 0,819$** ,

$$g = a * g_A + b * g_{is} = 0,815 * \underline{0,819} + 0,815 * g_{is} (**)$$

(17)

Donde g_{is} es la tasa de (I+i+D)/PIB del sector de industria y servicios del resto de la economía argentina.

(**) *El valor histórico preciso de g_{is} es la fracción aportada por el sector industrial y de servicios del total de la economía argentina. Este valor específico no está históricamente bien determinado y no ha sido posible la adquisición de este dato, como el caso de g_A , que surge a través del estudio del Dr. Lema. Solo se puede suponer cuál fue el total histórico de g para toda la economía argentina, en ese periodo analizado. Sin embargo, no necesario, para el análisis de este caso, conocer con precisión el valor histórico preciso de g_{is} .* En el Caso Agroindustrial Argentino, (SAI) con tasa $g_a = 1,85\%$ del PIB, aplicada en forma constante a partir de 1966, el resultado es un nivel de equilibrio estacionario (regla de oro de Solow) alcanzable en 36 años. (Figura 6) .Cabe acotar que para este caso, se ha obtenido información histórica confiable y través del estudio del Dr. Lema, se ha podido determinar el factor $g_a = 1,89\%$

INDICES DE VARIACIÓN EN PTF Y COMPONENTES (1961-2012)

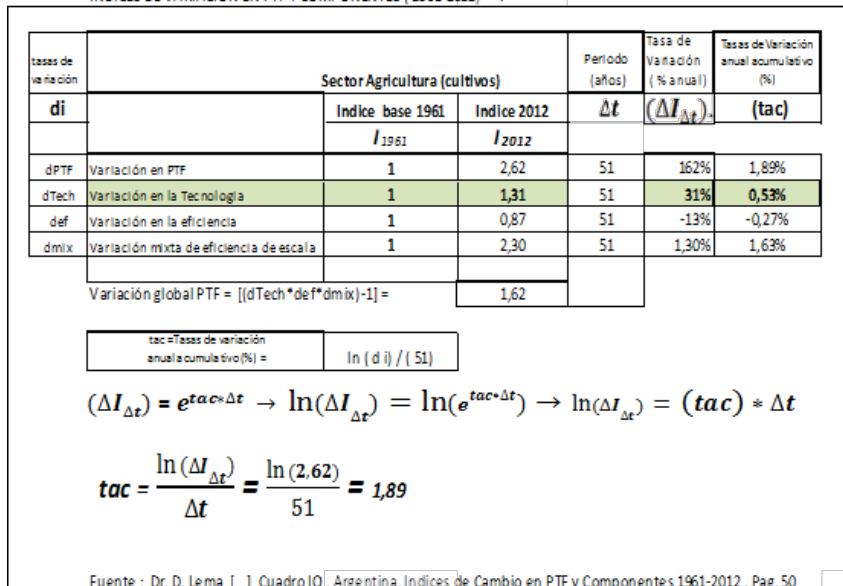


Figura 4: Índices de Variación en la Productividad Total de los Factores en el sector Agroindustrial Argentino

Gráfico Nº 6: Aportes de la Cadena Agroindustrial al PBI y recaudación total. Millones de pesos corrientes

Concepto/Año	2001	2002	2003	2004	2005
Aporte al PBI					
PBI Total	269.777	313.037	376.162	449.766	535.108
PBI CAI	38.669	62.024	75.819	87.541	98.732
PBI CAI / Total	14,3%	19,8%	20,2%	19,5%	18,5%
Aporte tributario total					
Aporte tributario total de la CAI	24.151	33.170	45.003	57.180	66.017
Porcentaje sobre el PBI	9,0%	10,2%	12,0%	12,7%	12,3%

Fuente: IIE sobre la base de Fundación Producir Conservando – Universidad Nacional de La Plata.

Gráfico Nº 5: Producción de Trigo, Maíz, y Soja

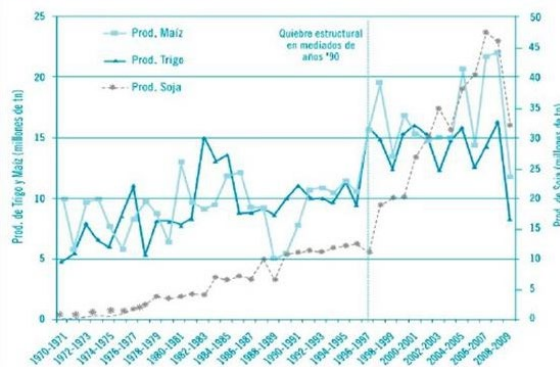


Figura 5: Aportes de la Cadena Agroindustrial al PBI. (Fuente: "Factores de Crecimiento y Productividad Agrícola en la Argentina entre 1968 y 2008), Dr. Lema [10]

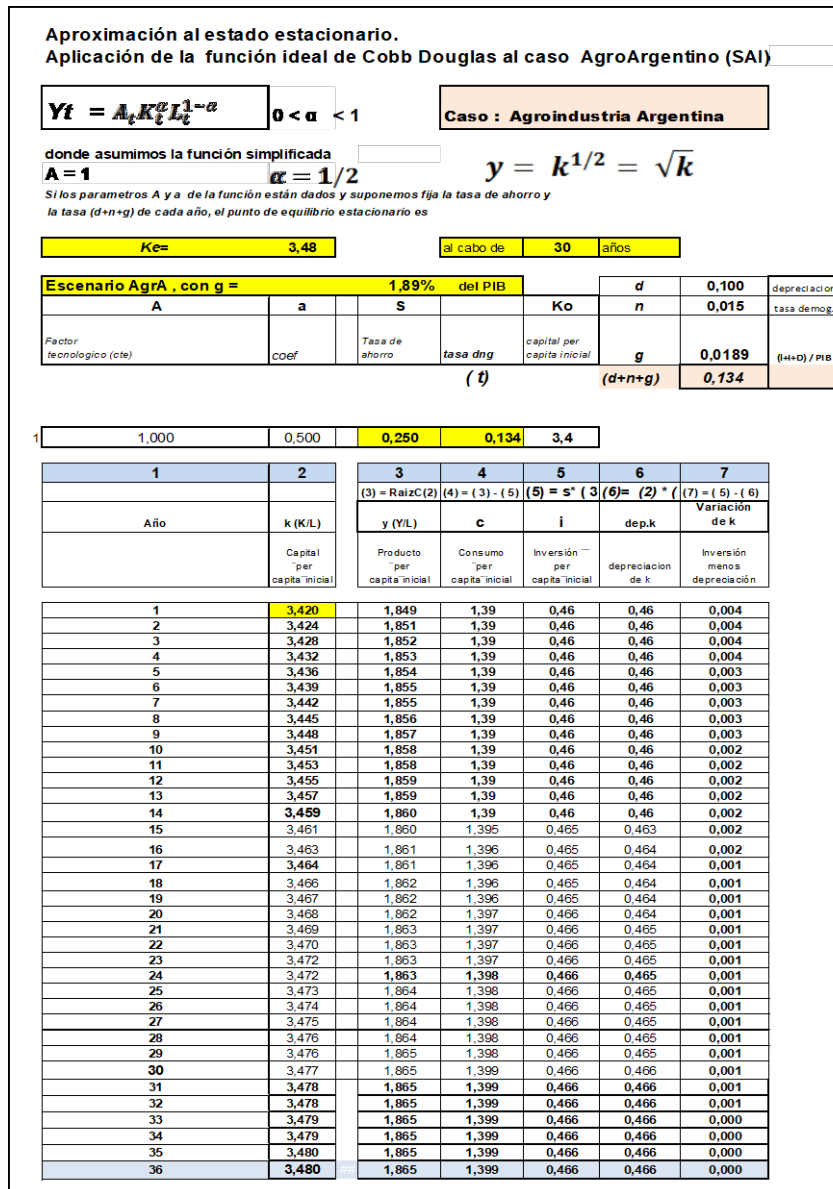


Figura 6: Caso Agroindustria Argentina (SAI)

6.1.2. Análisis del Sector Agroindustrial Argentino- SAI- (1966 al presente)

Considerando los siguientes valores exclusivamente al sector SAI: Tasa de ahorro S (sector SAI) **25 %** del ingreso sector SAI (estimado por evidencia histórica) .Tasa promedio de inversión desde 1966 de SAI: [factor ga]: **1,89 %**.

Según lo desarrollado en I.4.2, se considera una Función de Producción de Cobb-Douglas (CES), con los siguientes supuestos de G. Mankiw [14], aplicados al caso del Sector Agroindustrial Argentino (SAI) ::

- **At:** es el factor tecnológico que mide la productividad, se considera constante.
- **α :** es la elasticidad producto del capital per cápita. Si el valor se supone igual a 0,5 significa que un aumento del 1% en el capital per capita provocaría un incremento del 0,5 % en el ingreso per capita.
- **S:** es la tasa de ahorro endógena, con valor de **0,25 (18)**
- **d:** es la tasa de depreciación del capital instalado (histórico): **0,10 (*)**
- **n :** es la tasa de crecimiento demográfico : **0,015 (*)** ,
- **g :** es el factor de innovación tecnológica de Solow , equivalente a la tasa de (I+i+D)/PIB : **0,189 (17)**
- **$\delta = (d+n+g)$:** es la pendiente de la recta OE de la figura 1, que representa la función de la depreciación total per cápita, $(d+n+g) k$. En el caso **$\delta = (d + n + g) = 0,134$**
- **$\delta = (d+n+g)$** es, según (8) , la Productividad Marginal del capital per cápita en el estado de equilibrio E.

(*) Los valores son estimados en base a la proporción del peso relativo del aporte del sector SAI al PIB (valor estimado en base a datos de la Figura 5, Dr. Lema [10])

En la figura 6 se representa, para el caso del Sector SAI la variación de Años (columna 1) , Capital per cápita k (columna 2), Ingreso per cápita y (columna 3) Consumo per cápita c (columna 4) ,Inversión per cápita i (columna 5), Depreciación total del capital per cápita $\delta = (d+n+g):dep k$ (columna 6) ,Variación del capital per cápita (inversión menos depreciación) (columna 7), *hasta llegar al equilibrio estacionario, cuando la variación del capital per cápita tiende a cero.*

En la figura 6, ese punto de equilibrio se observa al cabo de 16 años, para el modelo con estos supuestos aplicados a la economía de Corea del Sur. En el punto E (figura 1) , el capital per cápita de equilibrio es $Ke = 3,49$.

En el modelo desarrollado en la Figura 6, a **tasas verificadas del factor g de 1,89 %** del Sector SAI y asumiendo que la Argentina fuera comparable institucionalmente a Australia, se habría llegado al equilibrio estacionario en 36 años (1966 +36 = 2002), Pasando a la escala de Economía desarrollada.

¿Lo estudiado en el caso de SAI, fue el resultado de un pensamiento proactivo y estratégico a largo plazo?

¿Puede afirmarse que en el caso de SAI existe resiliencia organizacional positiva?

Respuesta a la primera pregunta (primera proposición de la hipótesis), La evidencia histórica, para el caso del Sector SAI, verifica que ha existido, desde los tiempos del llamado modelo agroexportador argentino (1880 a 1930), una política sectorial de grandes y pocos actores agroindustriales, con estrategias claras a largo plazo, M. Rapoport, [23]; I. de Jung [19], y una propensión proactiva a incorporación de nuevas tecnologías, Lema [10] y [11]. Por lo cual para el caso SAI, la respuesta a la primera pregunta, es afirmativa.

Respuesta a la segunda (segunda proposición de la hipótesis), La misma evidencia histórica, verifica que ha existido, una importante característica Resiliente positiva respecto a los agentes externos que afectan sus intereses, manifestada por un sentido coherente de acción que sustenta intereses sectoriales a largo plazo, bajo cualquier circunstancia adversa temporal, especialmente durante gobernanzas orientadas a políticas que tendían a controlar mercados de cambio y regulaciones de precios sobre el sector, M. Rapoport, [23] . Por lo tanto, para el caso SAI, la respuesta también es afirmativa

7. CONCLUSIONES: Influencia de la Proacción y Resiliencia Organizacional en los resultados:

7.1 En el Caso de Corea del Sur, el análisis confirma que existió un proceso en tres etapas: Industrialización acelerada (con régimen no democrático de 18 años, que aseguro fuerte consistencia en la gobernanza), Institucionalización y la fase final de Democratización. Con este modelo se parte de una economía agrícola a una altamente industrial (decima economía mundial en 16 años (1966+16 = 1982), *Está instalada en el sistema socio económico una notable Resiliencia Positiva al cambio.*

7.2 En el Caso del Sector Agroindustrial Argentino (SAI), con todos los supuestos considerados y el los datos históricos y el estudio del Dr. Lema [10], ese sector podría haber llegado al estado estacionario en 36 años, si el total de población considerada fuera similar a la de Australia, con tasas de depreciación y crecimiento demográfico total similares. Sin embargo, aun cuando no es posible (por falta de datos históricos confiables, respecto de S y g_{is} en el mismo período histórico), aplicar el modelo al total de la Economía Argentina, la evidencia histórica, M. Rapoport [23] expone la falta de politices globales sustentables a largo plazo, ante los ciclos de inestabilidad política, y la resiliencia negativa a mantener (salvo casos específicos) políticas de estado facilitadoras de la inversión endógena a largo plazo. Estas características históricas de la economía argentina global, inciden en las diferencias sustanciales que presentan, en cuanto al tiempo en alcanzar el estado de equilibrio teórico, entre los casos de Corea del Sur y el sector SAI:

8. REFERENCIAS

- [1] Becker, (1993) *G. Human capital. University of Chicago Press. ISBN 9780226041209*
- [3] Cobb, W. (1928) "A Theory of Production", *American Economic Review* 18 (suppl.):139-165.
- [4] Faostat (2014). *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division*
- [5] Fare, R (1995). *Multi- Output Production and Duality. Theory and Applications. Boston,*

Kluwer Academic Publisher.

[6] Inada, Ken-Ichi (1963) "On a Two-Sector Model of Economic Growth: Comments and a Generalization," *The Review of Economic Studies*, 30(2): 119-127

[7] Keynes, J. M. (2001): *Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero*. FCE.

[10] Lema, D, (2014) " Factores de Crecimiento y Productividad Agrícola en la Argentina entre 1968 y 2008 " *Serie de informes técnicos del Banco Mundial en Argentina, Paraguay y Uruguay*, Nro I. 2015

[11] Lema, D, (2015) " Crecimiento y Productividad Total de Factores en la Agricultura Argentina y Países del Cono Sur 1961- 2013.

[14] Mankiw. G. (1992), *A Contribution to the Economic Growth*, *Journal of Economics*,

[15] Markowitz, H., (1995) *Portfolio Selection* " *The Journal of Finance* " Prentice Hall

[16] Merton, R. D. Crane, K. Froot, S. Mason, A. Perold, Z. Bodie, E. Sirri, P. Tufano (1995) "The Global Financial System: A Functional Perspective, Harvard Business School Press, Boston

[17] Nash J, (1996) *Essays on Game Theory*, Edward Elgar Publishing, 1996, 91 pp. 98

[18] NIESTZSCHE, F. (2009) (Volumen II: *Así habló Zaratustra. Más allá del bien y del mal.*, Madrid: Editorial Gredos

[19] Jung, Ingrid de, (2014) " El negocio de la paz": la política diplomática de Cal Tucurá durante la organización nacional (1862-1873) 155-197 UAHC y Fac. de Filosofía y Letras de la UBA

[20] O'Donnell, C.J (2008) " DPIN 3-0 A Program for Decomposing Productivity Index Numbers" Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of Queensland

[21] O'Donnell, C.J (2008) "An Aggregate Quantity_ Price Framework for Measuring a Decomposing Productivity and Profitability Change" Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP07 / 2008. University of Queensland

[23] Rapoport, Mario: *Historia Económica Política y Social de Argentina -* , ED. Macchi, 2015

[26] Solow, R.; (1957) *Technical Change and the Aggregate Production Function*, Pp. 312-320, *Review of Economics and Statistics*,

[31] Tolón Estarellés, P; Sagula, J; (2007); *Modelo Decisional Proactivo en Sistemas Ecológicos*, *Revista de Ingeniería Industrial*, Año 6 N° 1, Segundo Semestre 2007; Departamento de Ing. Industrial de Universidad del Bío-Bío, Chile. ISSN 0717-9103.

[33] Villamar Fersen Harold León (2015); *La Resiliencia: su aplicación en el sector empresarial*;

[34] Yogesh Malhotra (2001), *Knowledge Management and Business Model* Idea Group Pub

[35] Youn, Choo Jong, (2017). *Embajador del Corea del Sur en Argentina durante 2017*, Conferencia dada en la Universidad Atlántida Argentina en 2017.

9. Agradecimientos:

El autor de este trabajo desea agradecer a

- Ing. Horacio Rojo, Profesor Consulto, Facultad de Ingeniería, UBA
- Ing. León Horowicz, Director de EGIDE , Fiuba, (Escuela de Graduados Ingeniería de Dirección Empresarial

Análisis de una muestra de cereal aplicando lógica difusa

Xodo, Daniel; Matassa, Marcelo Daniel; Galmes, Alberto Federico

UTN Facultad Regional Trenque Lauquen

daniel.xodo@gmail.com

RESUMEN.

La elección de un tipo de cultivo en período de siembra, tiene riesgos asociados a las condiciones del suelo que provocan pérdidas importantes de tiempo de trabajo e inversión para el empresario. Determinar los riesgos asociados con distintos tipos de suelo, y factores climáticos. Los principales factores que condicionan el riesgo son: régimen de lluvias, humedad del suelo y características y composición del suelo. Estas variables determinan los riesgos económicos, productividad y rendimiento, que son limitantes para los distintos productores o inversores. Un análisis predictivo o estadístico resulta útil para 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 recolección de datos rurales.

La aplicación de lógica difusa, con método Mandani, permitirá determinar las condiciones de riesgo a las labores de siembra y cosecha. A partir del desarrollo de la clasificación de las áreas y condiciones para un tipo de cereal, puede ser determinado en un suelo o un sector agrícola, acotado para cada muestra y determinar el nivel de riesgo asociado, a cada muestra de cereal seleccionado.

Palabras claves: Variables – Análisis - Riesgos – Lógica Difusa – componentes del suelo –

ABSTRACT

The choice of a type of cultivation during sowing, has risks associated to the soil conditions that cause significant losses of time and investment for the entrepreneur. Determine the risks associated with different types of soil and climatic factors. The main factors affecting the risk are: rainfall, humidity of the soil and characteristics and composition of the soil. These variables determine the economic risks, productivity and performance, which are limiting for different manufacturers or investors. A predictive or statistical analysis is useful to quantify its impact through systematic measurements, the work presents an alternative of classification of risks by area or sector determined from a combination of the using variables fuzzy logic (Fuzzy Logic). Data used are the national weather service and the office of local INTA and rural data collection information.

Application of fuzzy logic, with a method Mandani, allows to determine the conditions of risk to the work of planting and harvesting. From the development of the classification of the areas and conditions for a type of cereal, it can be determined in a soil or an agricultural sector, dimensioned for each sample and determine the level of risk associated with each sample of selected cereal

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 la muestra de cereal, las características principales y secundarias y los riesgos asociados a las condiciones de cada variable que componen el grano y la determinación de muestreo adaptado a condiciones del suelo y meteorológicas, 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.

Determinar las variables en estudio y definir las en su composición física y las características por su ubicación geográfica.

2da. Etapa: Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

3ra. Etapa: Seleccionar un método de aplicación con lógica difusa, para determinar, los valores óptimos, que promedien las distintas variables en estudio.

4ta. Etapa: Analizar cada muestra de cereal elegido 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. Ordenar los resultados con los valores obtenidos en cada muestra, comparar y tabular valores de cada variable 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 RADIACION SOLAR: Es una característica de captar la radiación solar, se toma en porcentajes para determinar las propiedades de germinación y desarrollo de las semillas del

cereal a analizar. Se determina la permeabilidad a los rayos solares, imprescindibles para el crecimiento, desarrollo y llenado de granos, para su posterior análisis.

2.3. NITROGENO: Afecta directamente al suelo y se mide en kilogramos por hectárea. La cantidad de nutrientes que componen el suelo y el potencial de productividad del mismo. .

2.4. FOSFORO: Es la cantidad que contiene cada muestra de cereal, se mide en partes por millón.

2.5. HUMEDAD: La humedad el agua útil, por lluvia y contenido de humedad almacenada en el suelo, ambiente y el aire que se encuentra en contacto con él.

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. 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

$$Y=f(X). \tag{1} \text{ función de } X.$$

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:

- **Mixtas:** Son las reglas que utilizan los conectivos “AND” y “OR” en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar de lógica crisp. Llamados conector para “AND” T-norm y “OR” T-conorm.
- **Estados Difusos:** Estas reglas no tienen antecedentes. Ej. *v is G!*. Puede completarse de la misma forma que los IF incompletos. (Si....) THEN (Entonces).
- **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 is S* THEN *v 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 $x=(x_1, \dots, x_n)$ *U* en un conjunto difuso A^* en *U*. Cuando el conjuntodifuso A^* contiene un solo elemento, la operación supremo en la composición sup-star desaparece.

La función de pertenencia es para diseñar reglas que puedan minimizar el error. A y B son dos conjuntos difusos de X, la intersección de A y B en un conjunto difuso:

$$C = A \cap B \text{ en el cual } C(x) = \text{Min} \{A(x); B(x)\} \tag{2} \text{ Regla para conjunto difuso}$$

3.1. Defusificación

El proceso de defusificación toma el conjunto difuso que es la salida del bloque de inferencia y produce una salida crisp, mapea conjuntos difusos en puntos crisp. Se aplica el 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:

$$y = \frac{\int_S y \mu_B(y) dy}{\int_S \mu_B(y) dy} \tag{3} \text{ Y= Conjunto difuso mayor}$$

dónde S denota el soporte de conjunto difuso menor de $\mu_B(y)$: S es discreto, así que \bar{y} puede ser aproximado con la siguiente fórmula:

$$y = \frac{\sum_S y \mu_B(y)}{\sum_S \mu_B(y)} \tag{4} \text{ Y= Conjunto difuso menor}$$

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.

Las funciones de pertenencia pueden ser de varias dimensiones o valores

$$C = \{(x, y; \mu_C((x, y)) | x \in X; y \in Y\} \quad (5) \text{ C= Función de pertenencia.}$$

pertenencia.

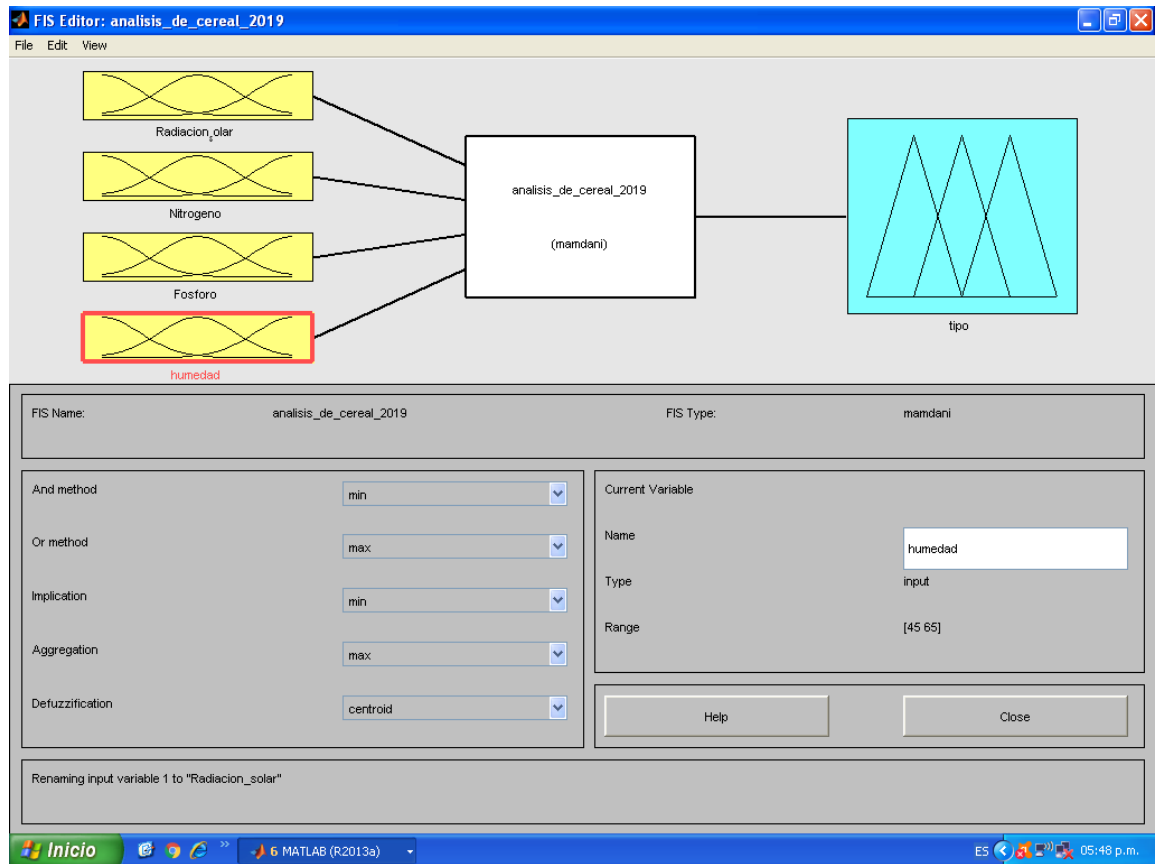


Figura 1: Funciones de pertenencia de cada variable

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:

$$R^i : \text{IF } x_1 \text{ is } A^i \text{ and } x_2 \text{ is } A^i \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A^i \text{ THEN } y \text{ is } B^i=0 \quad (5) \text{ Regla difusa}$$

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, del modelo Mandani

Variables → **defusificador con reglas** → **salida**

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 experiencia. 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: "entonces".

Matriz Nº 1 de armado de reglas

ENTRADA				SALIDA
COBERTURA	NITROGENO	FOSFORO	HUMEDAD	COEFICIENTE DE SALIDA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	BAJO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO

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:

COBERTURA: Tabulamos en porcentajes para aplicar el método del centroide, para cada muestra en estudio, de acuerdo a la estructura de cada muestra y capacidad de absorción de rayos solares.

Baja: {50; 60 y 70}

Media: {60; 70 y 80}

Alto: {70; 80; 90 y 100}

NITROGENO: Tabulamos para aplicar el método del centroide en kilogramos por hectárea, estimados por muestra:

Baja: {40 50; 60 y 70}

Media: {60; 70; 80; 90 y 100} Optima

Alta: {100; 110; 120; 130; 140 y 150}

FOSFORO: Tabulamos para aplicar el método del centroide, en partes por millón:

Baja: {30; 40; 50 y 60}

Media: {50; 60 y 70} estable

Alta: {70; 80; 90 y 100}

HUMEDAD: Tabulamos para aplicar el método del centroide en porcentajes estimados:

Baja;{40, 50 y 60}

Media: {50; 60; y 80} neutra ó media

Alta: {70; 80; 90 y 100}

La muestra elegida para la aplicación de esta herramienta, utilizando las ponderaciones de cada una de las variables elegidas: HUMEDAD, COBERTURA, NITROGENO Y FOSFORO, en la elección de cada muestra, condicionada a los factores climáticos. 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: TRIGO.

5. ANALIS DE LAS MUESTRAS

Si tomamos la muestra para trigo en una segunda muestra con valores:

COBERTURA = 92,50

NITROGENO: 128 Kg/ha.

FOSFORO: 80 partes por millón

HUMEDAD = 55 %

El resultado obtenido de la conjunción y ponderación para la aplicación optima, para una muestra de estas características: (Se muestra en gráfico de superficie). Ponderación óptima 6,38.-

La utilización de MATLAB permite, relacionar las variables, con sus escalas de ponderación, independientes en cada muestra de cereal, 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 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 cereal. 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”.

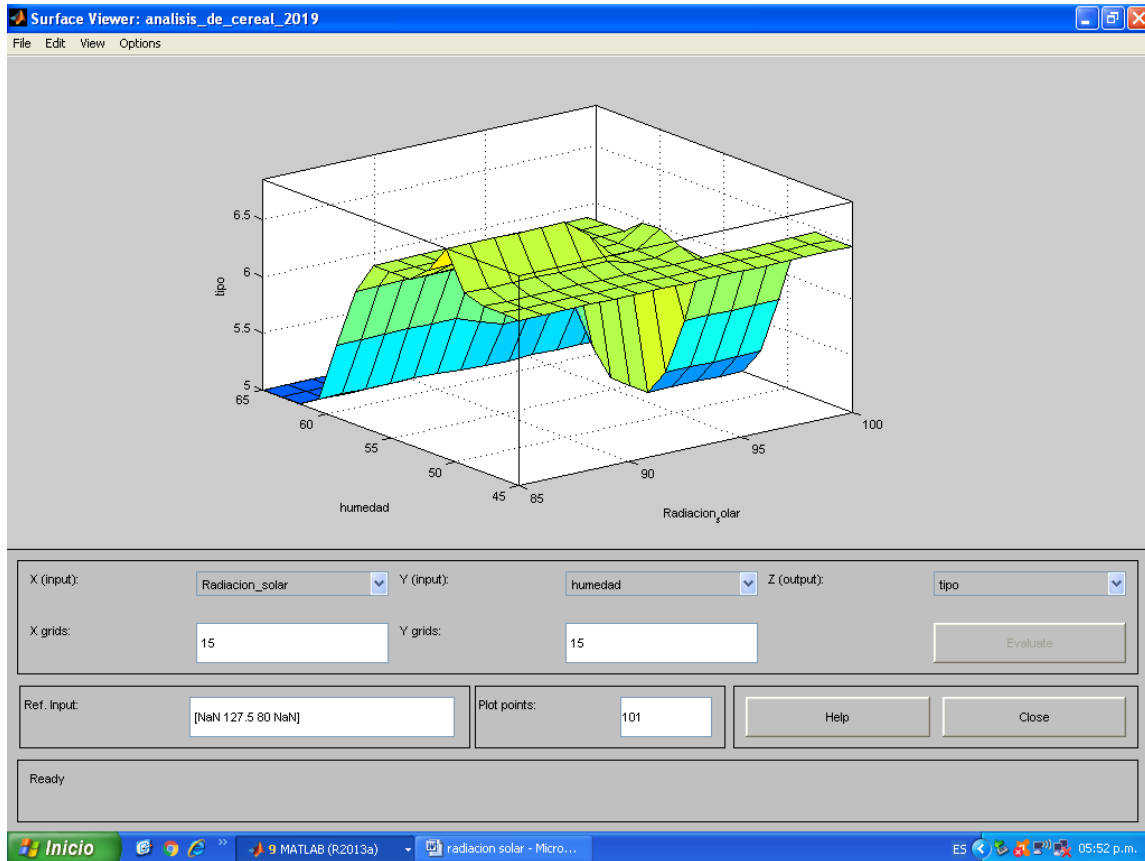


Figura 3: Gráfico de superficie muestra nro.1

5.1. CONCLUSIONES: MUESTRA NRO.1

La variable COBERTURA incide con los porcentajes 92.50 % de capacidad de absorción de rayos solares, que componen la muestra.

NITROGENO presenta forma homogénea valor 128 kg que varía entre medio 100 y alto 140 %.

FOSFORO: muestra la presencia entre medio y alto 80 y 90 %, valor 17, varía entre 15 y 20 partes por millón.

HUMEDAD: Presenta una presencia de oxigenación del 55% y en forma estable. No presenta ANEGAMIENTO en superficie.

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación **6,38** y se da en las siguientes combinaciones de variables:

COBERTURA: {5,31; 5,5 y 6}= 95% alta

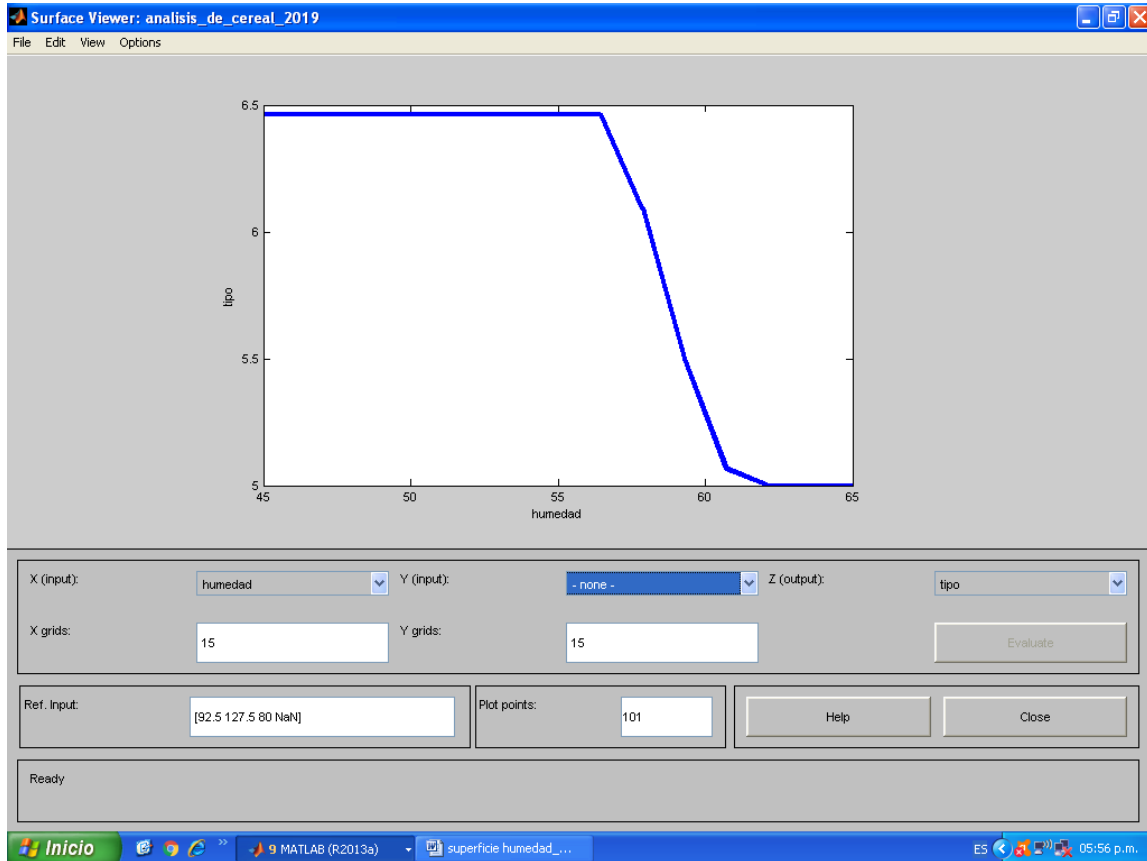
NITROGENO:{6; 7 y 7,5}= 128 kg media

FOSFORO:{6; 6,14 y 6,50}= 78 % baja

HUMEDAD:{4,5; 5; 5.30 y 6}= 62.70% baja

Las reglas óptimas dan como valor promedio de aplicación 5 y se da en las siguientes combinaciones de variables, como la variable COBERTURA alta 95 % Humedad media 62.55 FOSFORO 80% Alto y NITROGENO 128 alto, puede modificarse en ciclos de lluvia mayor o por modificación de la HUMEDAD, teniendo en cuenta la variación de lluvias, aumentamos valores y podemos modificar en valor promedio:

Regla óptima : Si COBERTURA alta “y” NITROGENO alto 128 “y” FOSFORO 80 %”y” HUMEDAD media 62.7% “entonces” salida baja. Valor 5 promedio óptimo.



5.2. CONCLUSIONES MUESTRA NRO.2

La muestra de trigo, se muestra sensible las variaciones de HUMEDAD como variable más importante, en aumento respecto a la muestra nro. 1 de 55% a 62,50 %, hasta un 65 %, estable, modificando el promedio de salida de 6,38 a 5, varía el promedio óptimo de coeficiente de salida de un 27 %, en la muestra nro.1, tomando menor riesgo y composición de cada variable.

En segundo lugar se ubica la variable COBERTURA, dónde los rayos solares inciden directamente en la semilla, pasan de valor 92 a 95 %.

En tercer lugar la variable NITROGENO, mantiene en 128 kg por Hectárea, pero inciden las variables anteriores para bajar el promedio de riesgo asociado.

En cuatro lugar la variable FOSFORO, mantiene su valor entre 80 a 90% valores 15 a 17 partes por millón, se mantiene el promedio bajo por loa dos primeras variables citadas anteriormente.

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.

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 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 trigo, con ponderación óptima 5,00

. Para las muestras escogidas para análisis de los distintos tipos de cereal, reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que incide para optimizar su uso o decisión.

. Las variaciones ambientales, componentes minerales 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 medición está relacionada con los factores que componen la muestra de cereal en estudio, aplicar las técnicas óptimas, para selección y uso de cada resultado obtenido.

Cada muestra de cereal analizada, tiene una definición de variables y componentes definidos y estables, para su posterior utilización.

. La metodología y técnicas de estudio aplicadas, abre oportunidades para nuevos estudios o análisis de diversas variables, que modifican la aplicación para usos y aplicación en agricultura, que se relacionan en forma directa con las condiciones ambientales y factores del clima.

. Si comparamos los resultados obtenidos en la muestra nro.2 con valor promedio óptimo de baja de 6,38 a 5,00. Un porcentaje que muestra la importancia del factor climático para la elección del cultivo... 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.

El riesgo económico, en la composición del grano disminuye potencialmente el gluten, con menor contenido de lecitina y gliadina. El aumento de peso hectolítrico favorecido por el contenido de almidón, son los principales componentes para la panificación.

. 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, en esta muestra se tomaron los minerales de mayor sensibilidad para elección de condiciones para el período de siembra y cosecha del trigo.

. 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.

6. 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. 2018 y 2019. Registros del clima y Tipos de suelos.

[3] Informes del Servicio Meteorológico Local.2018 – 2019.

Agradecimiento: Los autores de este trabajo agradecen al Depto. De Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen-UTN.

A la colaboración y asesoramiento del Observatorio agropecuario del Departamento de la Licenciatura en Administración Rural de la Facultad Regional Trenque Lauquen- UTN.

Ventajas de la financiación de las pymes Argentinas a través del mercado de valores vs la financiación de las pymes Colombianas

*Rodriguez, Tatiana¹, Linares, Jenny².

^{1,2}Corporación Universitaria Minuto de Dios - Uniminuto.

¹[*tatianageraldiner@gmail.com](mailto:tatianageraldiner@gmail.com)

RESUMEN

Gran parte de los desafíos que enfrentan las PYMES, están relacionados con el acceso a fuentes de financiamiento. Encontrar un sistema apropiado, que se ajuste a las condiciones económicas, de empleabilidad e incluso de sostenibilidad, se convierte en un factor determinante para el crecimiento no sólo del ente sino también de las naciones que registran a este sector como el mayor impulsor de la economía.

En algunos países el apoyo del gobierno ha sido fundamental para el desarrollo de las PYMES, como es el caso de Argentina, que han diseñado mecanismos para regular, controlar y ofrecer un mejor sistema de financiación, a través de la Bolsa de Valores. Siendo así las Pymes no sólo gozan de amplios beneficios económicos, reducción de impuestos y mejoras tecnológicas, sino que también cuentan con los recursos estratégicos para ser competitivos en el mercado.

En Argentina la Comisión Nacional de Valores CNV desarrolla diferentes estrategias que facilitan la financiación de PYMES, considerando tasas entre el 11% y el 40% (es el único país suramericano que lo ha implementado). Por tanto, surgió la necesidad de hacer una comparación de los modelos de financiamiento para las Pymes en Colombia y Argentina (conocer sus ventajas y desventajas) con el fin de implementar estrategias que puedan generar crecimiento en Colombia.

Por lo anterior, el presente trabajo expone la financiación de las Pymes argentinas a través de la bolsa de valores, como una alternativa económica viable, convertida en la vía de salvación para las Pymes colombianas que están frente a la disyuntiva de incrementar su capital, la productividad y ser competitivos en un mercado cada vez más globalizado.

Palabras Clave: Mercado de Capitales, Bolsas de Valores, Financiación, Desarrollo Económico, Emprendedorismo

ABSTRACT

Part of the challenges faced by the PYMES are related to access to a different source of financing. Finding an appropriate system, which adjusts to the economic, employability and even sustainability conditions, becomes a determining factor for the growth not only of the entity but also of the nations that register this sector as determinant in the economy.

In some countries, government support has been essential for the development of the Pymes, as is the case in Argentina, which have designed mechanisms to regulate, control and offer a better financing system, through the Stock Market. This, Pymes not only enjoy economic benefits, tax cuts and technological improvements, but also have the strategic resources to be competitive in the market.

In Argentina, the National Securities Commission CNV develops different strategies that facilitate the financing of Pymes. Considering rates between 11% and 40% (Being the only South American country that has implemented it). Therefore, became a need to make a comparison of the financing models for Pymes in Colombia and Argentina (to know their advantages and disadvantages) in order to implement strategies that can works in Colombia.

Consequently, the present paper exposes the financing of Argentine's Pymes through the stock market, as a viable economic alternative, turned into the way of salvation for Colombian's Pymes that face the dilemma of increasing their capital, productivity and be competitive in a globalized market.

1. INTRODUCCIÓN

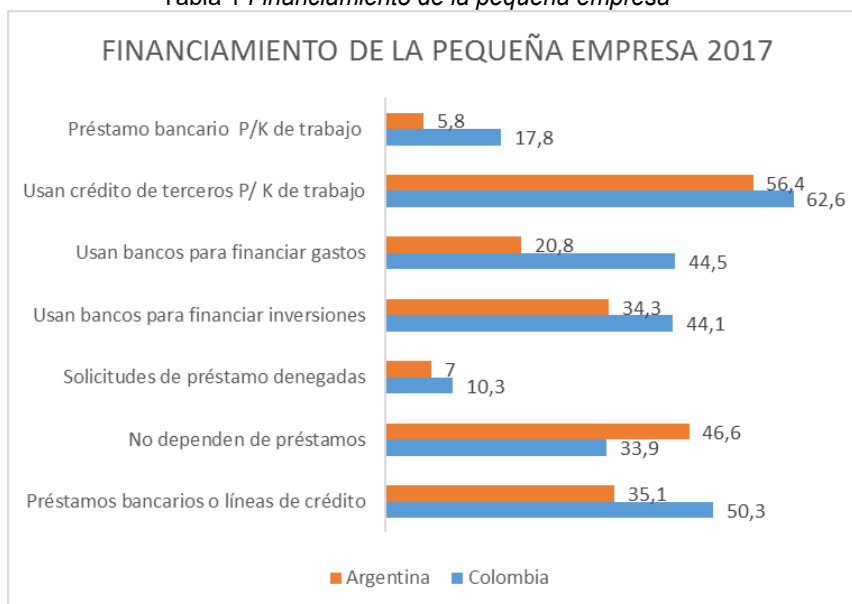
1.1 Antecedentes

Si se tiene en cuenta que las pymes son el motor de la economía en cuanto a generación de empleos y producción para los países de Latinoamérica (Saavedra y Hernández 2008) [15] es de vital importancia que puedan acceder a un sistema de financiación viable y rentable que se ajuste a las dramáticas condiciones económicas que se enfrentan en su etapa inicial. Según fuentes como la CEPAL dentro de las principales dificultades que presentan las pymes para acceder a créditos bancarios, se relacionan las garantías e información solicitada, junto con las elevadas tasas de interés que manejan las entidades. Este freno financiero puede reducir los esfuerzos empresariales y conlleva, en algunos casos al cierre de la compañía o a la muerte súbita de aquellas empresas próximas a crearse. Por lo tanto, este fenómeno impacta no sólo a unos cuantos agentes comerciales, sino a la economía de todo un país.

El presente trabajo tiene como finalidad analizar el segmento de financiación de las PYME en Colombia y Argentina. A fin de encontrar similitudes y contrastes en los sistemas, frente a la problemática de acceso a créditos. De tal manera, que se pueda canalizar como una alternativa económica el uso de los mercados de capitales. Convirtiéndose así, en la solución de las pymes colombianas para subsanar las limitantes a las que se enfrentan.

Dentro del panorama presentado por el Banco Mundial, a través de Enterprise Surveys, se observa de manera general que, durante el 2017, la pequeña empresa (5-19 empleados) en Argentina hizo menor uso del sistema de financiación a través de la banca, en comparación con Colombia. De hecho, el 46,6% de las empresas argentinas, manifestaron no depender de préstamos, mientras que el 33,9% de las colombianas lo hace. Ver Tabla 1.

Tabla 1 *Financiamiento de la pequeña empresa*



Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial*

Por otro lado, el 64% de las pequeñas empresas en Argentina revelan que sus inversiones son financiadas internamente. Entre tanto, algunas optan por financiarse a través de la bolsa siendo a 2018 alrededor de 25.000 pymes las que accedieron a este beneficio reduciendo sus costos hasta en un 50%. Es entonces que nos enfrentamos a un escenario económico donde la Pyme puede acceder a un recurso que al parecer no es conocido por todos. Fernando Luciani, Director Ejecutivo del Mercado Argentino de Valores (MAV) dice que las empresas “para ser eficientes, deberían estar 100% interrelacionadas con el mercado de capitales”. A la vez que, la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF) menciona que ninguna de las Pymes constituidas en Colombia han accedido al mercado mientras que las grandes empresas sí lo utilizan de manera convencional como mecanismo de financiación.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Marco Teórico Pyme para Colombia

El mercado de valores tiene sus inicios desde el siglo XVI e inicios del siglo XVII cuando algunas sociedades comenzaron a emitir acciones como medio para la obtención de recursos, es por ello que la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) se creó en el año 2001 bajo la fusión de tres bolsas ya existentes, estas fueron la Bolsa de Valores de Bogotá, la Bolsa de Valores de Medellín y la Bolsa de Valores de Cali, las cuales fueron fundadas en 1928, 1961, 1983 respectivamente; con la función principal de ser una alternativa de financiación por medio de inversión, se encuentra regulada por la Superintendencia Financiera con el fin de que sus operaciones sean transparentes.

Por lo anterior, con el paso del tiempo ha sido relevante contar con plataformas tecnológicas que se encuentren a la vanguardia, por tanto, una de sus operaciones más representativas fue la obtención del X-Stream que es la plataforma de Nasdaq OMX, la cual ha facilitado a los comisionistas de la bolsa operar sin trasladarse directamente a la BVC, también con el objetivo de reducir factores de riesgo.

Actualmente, importantes empresas se encuentran inscritas y han realizado sus operaciones con éxito, entre ellas se puede mencionar a Colombina S.A. Alfredo Fernández de Soto (Vicepresidente Administrativo y Financiero) afirma en la entrevista realizada a Dinero “que lograr el financiamiento por medio de la bolsa ha significado tener un aliado para el crecimiento de su negocio ya que han podido fondearse a plazos más largos por medio de bonos ordinarios”, la primera emisión la ejecutaron por valor de 200 mil millones de pesos hace 10 años y este año hicieron su segunda emisión por valor de 300 mil, con esto han podido materializar los planes de negocio, también menciona que surge la necesidad de que existan emisores diferentes a los tradicionales, para no seguir invirtiendo en los mismos, es aquí donde se puede evidenciar que aún faltan empresas por participar en este mercado, incluyendo a las Pymes.

Además, es una estrategia de crecimiento diversificar fuentes de financiación, por esto el mercado de capitales es una fuente adicional, donde es más fácil encontrar los plazos y las condiciones financieras que se adecuen mejor a las necesidades

2.1.1 Marco financiero Pyme para Colombia

Las PYMES en Colombia se encuentran reguladas por el Decreto 957 del 05 de junio de 2019, el cual define la clasificación de las empresas con base en los ingresos por actividades ordinarias anuales. (Ver Tabla 2) a su vez que promueve el desarrollo y la competitividad de estas, bajo el marco institucional del sistema nacional de apoyo a las MIPYME; que está conformado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Protección social, Ministerio de Agricultura, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Sena, Colciencias, Bancoldex, Fondo Nacional de Garantías (FNG) y Finagro.

Tabla 2 Clasificación de empresa por sector según cifras de Ingresos por Actividades Ordinarias Anuales

TAMAÑO	MANUFACTURA	SERVICIOS	COMERCIO
Micro	Hasta 250.275	Hasta 349.027	Hasta 473.701
Pequeña	Desde 250.275 hasta 2.168.533	Desde 349.027 hasta 1.395.798	Desde 476.701 hasta 4.561.418
Mediana	Desde 2.168.533 hasta 18.370.036	Desde 1.395.798 hasta 5.109.800	Desde 4.561.418 hasta 22.856.773
Grande	Desde 18.370.036	Desde 5.109.800	Desde 22.856.773

Cifras expresadas en dólares con la TRM (3.240,44) de Junio 05 de 2019

Fuente: *Elaboración propia a partir de datos obtenidos del Decreto 957 de 2019*

La política nacional de desarrollo productivo, Conpes 3866 (2016) [5] define las guías estratégicas para las Pymes apoyada en el marco del Plan nacional de Desarrollo 2014-2018. En dicho documento se incluyen los mecanismos institucionalizados de consulta pública y privada, además de apoyo a la transformación productiva e innovación.

La calidad de las PYMES reflejada en la encuesta mundial de gestión para el país ocupó el último lugar en Sudamérica, se evidencia fallas notables en el acceso a la información, desde las prácticas gerenciales hasta las alternativas de financiación. Frente a esta problemática el DNP expone que el 45% de las empresas innovadoras y potencialmente innovadoras perciben como un obstáculo la escasa información sobre tecnología disponible; así mismo el Departamento de Planeación aclara que la principal razón por la cual no hacen uso del conocimiento y herramientas o no adoptan tecnologías existentes, es el bajo nivel de desarrollo

del mercado de las empresas dedicadas a la interconexión entre quienes tienen los conocimientos y quienes los demandan, lo cual se traduce en fallas.

Según la Gran Encuesta Pyme realizada por ANIF en el 2018 las PYMES optaron por acceder alternativamente al financiamiento por medio de sus proveedores en el sector industrial representando el 20% de los casos mientras que para el sector comercial esta alternativa representó el 25% de los casos. Si bien para el sector servicios esta alternativa se observó en el 18% de las respuestas. La segunda alternativa de financiamiento diferente al crédito del empresariado industrial PYMES fue el leasing (11%), mientras que para el empresariado comercial y de servicios esta fue la reinversión de utilidades (10% para ambos sectores). La tercera alternativa del empresariado industrial fue la reinversión de utilidades, con el 8% de las respuestas. Por su parte, las pymes de comercio (9%) y servicios (7%) escogieron el leasing como tercera alternativa.

Otro dato a tener en cuenta, GEP (2018) [6], afirma “sobre el segmento de las PYMES en Colombia, que solo el 44% de las empresas solicita crédito al sistema financiero”, además, que visiblemente la tasa de satisfacción del crédito desciende en cerca de un 9% para ese año con respecto al año inmediatamente anterior. Así mismo, se demuestra en dicho informe la tendencia histórica a financiar sus actividades diarias en vez de financiar proyectos de expansión o innovación, lo cual dificulta la aceptación y/o aprobación de créditos por falta de planeación estratégica.

2.2 Marco Teórico Argentina

El mercado de valores se encuentra segmentado, es decir, que hay varias bolsas de valores, la más representativa es la Bolsa de Comercio de Buenos Aires (BCBA) fundada en 1854, sin fines de lucro, se encuentra regulada por la Comisión Nacional de Valores y maneja aproximadamente el 99% de las acciones que se negocian en el país, posteriormente se pueden mencionar a la Bolsa de Comercio de Rosario y Bolsa de Comercio de Córdoba; contando con otras alternativas de financiación como Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA) y Merval.

Argentina ha sido el único país suramericano que no solo evidencio la falencia en la financiación de Pymes sino que tomo las medidas necesarias para poder implementar un sistema para que estas tuvieran una representación activa en la Bolsa de Valores, en este proceso llevan muy poco tiempo pero es un ejemplo claro para que se pueda utilizar en otros países impacto positivo en la economía.

2.2.1 Marco financiero pyme para Argentina

Argentina cuenta con un marco institucional muy favorable para los préstamos comerciales. OCDE (2019) [18] afirma: “El país cuenta con un sistema unificado de acceso libre, gratuito y actualizado mensualmente que proporciona información de crédito para entidades financieras. Este incluye información de múltiples instituciones financieras y no financieras para atestiguar la capacidad de pago de las personas naturales y jurídicas”.

Sin embargo, este marco institucional no se apoya de manera coherente con el marco legal, pues no se han considerado los derechos y prerrogativas de los acreedores en las operaciones con colaterales. Por otro lado Argentina presenta un mercado de valores que contempla a las PYMES a través de una plataforma informativa exclusiva para este tipo de empresas, se ofrece un mercado especializado en productos de deuda no estandarizados, que se suman a la extensa gama de productos financieros como los créditos de exportación del Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE), garantía crediticia, sociedades de garantía recíproca, además de las opciones que se ofrecen basadas en activos, como el factoring, mecanismos de inversión colectiva sobre el patrimonio.

Por otro lado, para la CNV (Comisión Nacional de Valores) en Argentina las pymes deben cumplir con unos ingresos diferenciados por sector, y las condiciones expuestas se detallan en la Resolución General 159 de 2018, se fundamenta principalmente en el volumen de negocio, subdividiendo a la categoría de medianas empresas en dos nuevas categorías por lo cual la CNV (2019) afirma: “Se entiende por Pequeñas y Medianas Empresas, a las empresas constituidas en el país cuyos ingresos totales durante los últimos tres (3) años expresados en pesos no superen los valores establecidos”.

En el año 2017 el gobierno argentino aprobó la reforma fiscal integral, la ley de sociedades y la ley de apoyo al capital emprendedor y el fondo nacional de garantías del país, más tarde en el 2018 se establece la ley de simplificación productiva.

Tabla 3 Clasificación de empresa por sector según cifras de Ventas Anuales

TAMAÑO	CONSTRUCCIÓN	SERVICIOS	COMERCIO	INDUSTRIA Y MINERÍA	AGROPECUARIO
Micro	164.811	129.176	440.980	374.165	106.904
Pequeña	1.053.452	770.601	2.654.788	2.276.169	668.151
Mediana tramo 1	8.438.753	6.436.526	22.311.804	18.483.296	5.097.996
Mediana tramo 2	12.657.016	9.193.764	31.875.278	27.011.136	8.086.860

Cifras expresadas en dólares con la TRM (44,90) de Junio 05 de 2019

Fuente: *Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Resolución General 159 de 2018*

El Banco de Desarrollo de América Latina CAF (2019) señala en su informe: “Índice de Políticas Pyme: América Latina 2019” [18] que la política PYMES es uno de los pilares estratégicos para el ministerio de producción y Trabajo, que ha delegado a la SEPYMES la implementación de programas de apoyo al emprendimiento para empresas emergentes, servicios de desarrollo empresarial, asistencia para la competitividad y el financiamiento, así como la promoción de servicios basados en el conocimiento; ésta secretaría además realiza todas las funciones del ciclo de políticas bajo el modelo M&E (Proceso de plan de Monitoreo y Evaluación); algo importante que se debe resaltar, es lo referente a la difusión de la información dirigida desde diferentes casas de producción distribuidas en todo el país; aportando al desarrollo de las capacitaciones disponibles y necesarias, además de un asesoramiento financiero oportuno.

Para Argentina se resalta que se incluyeron mejoras en las políticas para Pymes y emprendedores, consolidándose como un mecanismo económico sostenible, señalando que existe una rica oferta en esquemas de apoyo para PYMES, enfatizando en el buen desempeño del acceso a las finanzas. OCDE (2019), especialmente en términos regulatorios y fuentes alternativas de fondos, abarcando a través de diversos programas las áreas clave para el acceso al financiamiento, servicio de desarrollo empresarial (SDE), innovación productiva e internacionalización entre otros, recibiendo una de las puntuaciones más altas.

Además de lo anterior, se resaltan los esfuerzos de inclusión informativa y acompañamiento estructural y estratégico realizados por la Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional (AAICI). Estos y otros esfuerzos se suman al proyecto denominado “Argentina Emprende” cuyo objetivo es fomentar la creación de nuevas empresas y proporcionar herramientas para su estabilidad, rentabilidad y productividad, velando por el apoyo a empresas emergentes y el desarrollo de las Pymes, además de considerar a la formalización empresarial como una vía de crecimiento económico considerando que la informalidad ha disminuido progresivamente desde el 2012. En contraste, para temas de política regulatoria Argentina no ha profundizado y la agenda se limita a unos pocos proyectos debido a las tempranas fases de diseño, lo cual ubica al país debajo del promedio evaluado.

Las Pymes representaron para el PIB cerca de un 50%, un porcentaje bajo con relación al empleo generado que se calcula en un 48%, siendo un país de ingresos medios – altos, Argentina cuenta con notables fortalezas en sectores como el agroindustrial situado en un nivel altamente competitivo, sin dejar de lado el procesamiento de alimentos y la producción de maquinarias y servicios de TI.

2.3 ¿Por qué es mejor financiarse a través de la bolsa de valores?

Las Bolsas de Valores son entidades privadas, debidamente reguladas, que buscan brindar facilidades para todas las empresas que se encuentren inscritas, con el fin de aumentar su capital para el desarrollo de la actividad económica. Las ventajas más representativas, que se observan del financiamiento a través de la bolsa de valores son:

- Diversifica fuentes de financiamiento, que se otorgan mediante la canalización de los fondos del inversionista a la empresa de manera directa.
- Mayor poder de Negociación con acreedores.
- Estructura de Financiamiento más eficiente: Reestructuración Pasivos.
- Financiamiento estructurado a la medida según necesidades financieras y a tasas competitivas. Por lo general las comisiones generadas en bolsa son menores que el spread bancario.
- Control en la forma de amortización del capital
- Certeza en el costo financiero (estableciendo tasas mínima y máxima)
- proyecta una imagen corporativa de la entidad, puesto que el público asocia a las empresas que cotizan en bolsa como negocios robustos y prósperos
- Brinda transparencia y credibilidad a las gestiones empresariales
- Liquidez en la medida que aumenta la oferta pública

2.4 ¿Cómo operan las bolsas de valores en ambos países?

2.4.1 Colombia:

Según la información contenida en la página de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) son considerados como un “operador líder de la infraestructura del mercado de capitales colombiano, con presencia en toda la cadena de valor. Ofrece soluciones y servicios de pre-negociación (servicios al emisor y emisiones), Negociación (acceso, transaccional y registro), Pos-negociación (compensación, liquidación, custodia y administración de valores), información y tecnología en los mercados de renta variable, renta fija, derivados y divisas de manera directa o a través de sus filiales e inversores”

En Colombia, las Pymes no cuentan con una participación directa en la BVC, considerando que para la emisión de acciones se requiere cumplir con los siguientes requisitos:

- Un patrimonio de \$7.000 millones (COP) equivalentes a 2.2 millones de dólares
- Reportar a la Superintendencia de Valores un listado de los suscriptores de la colocación.
- Suministrar un cuadro resumen con número de accionistas, mecanismos y agentes de colocación.
- Suministrar información correspondiente a la cuantía colocada y condiciones de plazo y el rendimiento de los títulos colocados en el mes inmediatamente anterior.
- Informar sobre los compradores de los documentos, mecanismos y agentes de la colocación y certificación de los recursos captados.

2.4.1.1 Instrumentos financieros en la BVC

Son instrumentos que encaminan el ahorro hacia la inversión, se pueden negociar en el mercado de valores y facilitan el acceso a la financiación. Entre los más representativos se encuentran:

Tabla 4 *Instrumentos financieros BVC*

INSTRUMENTO	TIPO DE MERCADO
Acciones	Renta Variable
Bonos, Cdts	Renta Fija
Derivados	Futuros
Divisas	Intercambio de moneda

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la BVC

Acciones

Son títulos de renta variable el cual representa un porcentaje del patrimonio de una organización y/o sociedad, su rentabilidad no se puede predecir con anterioridad, debido a que puede variar dependiendo del cambio de precio de la acción o su rendimiento, entre otros factores.

Bonos

Son instrumentos de deuda, en donde el emisor devuelve al receptor en cierto tiempo ese bono, más los intereses fijados inicialmente al momento de la negociación denominados como cupones.

CDT

Son Certificados de depósito a término, en donde el cliente hace una inversión a un plazo establecido y al finalizar el periodo de tiempo establecido, se le entrega el dinero más los intereses.

Derivados

Son instrumentos en donde se negocian futuros de tasas de cambio e intereses, entre otros.

Divisas

Son instrumentos en donde se realiza intercambio de moneda (Peso) con el (Dólar).

Frente a esta realidad, es inminente la adopción de esquemas tecnológicos a nivel global para el ofrecimiento de servicios financieros, tales como *Fintech*, cuyo objetivo es agilizar las operaciones económicas entre empresas o individuos, teniendo como factor diferenciador el préstamo de capital, incluso si el solicitante no tiene vida crediticia, así mismo a través de los startups se reducen costos y se simplifican procesos gracias a las TIC's.

De la misma manera alrededor de este modelo de financiación han surgido los *Préstamos P2P* que son préstamos realizados y ofertados por personas naturales, que utilizan la plataforma online como intermediario sin necesidad de que se involucre a ninguna entidad bancaria lo cual es más ágil porque no requiere papeleo. Y el *Crowdlending* el cual consiste en financiar empresas, proyectos o individuos a través de numerosos inversores, funciona como un modelo muy llamativo, que permite al igual que la alternativa anterior un financiamiento sin más intermediario que la plataforma online, que a su vez permite estructurar un portafolio para administrar el riesgo de cada inversor.

No obstante, ante la problemática mencionada el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 en el artículo 168 trae una luz para las PYMES, donde menciona que: “El Gobierno Nacional creará un modelo de emisiones de acciones e instrumentos de crédito, hasta por 584.000 unidades de valor tributario - UVT por cada emisor, para pequeñas y medianas empresas, en el cual se establecerán condiciones que faciliten su proceso de emisión”. Adicionalmente la BBV está centrando sus esfuerzos para desarrollar y administrar una plataforma tecnológica, que permitirá establecer una relación directa entre las PYMES que necesitan financiación y los ávidos inversores interesados en este tipo de riesgo.

2.4.2 Argentina:

El modelo de financiación argentino funciona como un mercado especializado que se ha orientado a las Pymes en economías regionales, a razón del alto potencial y desarrollo económico proyectado. En donde más del 90% de las empresas existentes son pymes al igual que en Colombia. La comisión nacional de valores de Argentina establece un régimen especial para las Pymes, denominado “PYMES CNV GARANTIZADA”. Dentro del proyecto desarrollado por la CNV se observa una estructura vanguardista que permite a las pequeñas y medianas empresas la emisión de deuda pública para financiar los proyectos de forma sencilla y electrónica, a través de la web “On Simple”

Según la normativa de la Secretaría Emprendedores y de la Pequeña y Mediana Empresa (Sepyme). Al registrarse en la Bolsa de Valores de Argentina como Pyme y optar por este financiamiento, generan beneficios como la eliminación del Impuesto de la Ganancia Mínima, incentivos fiscales, pago de Iva a 90 días, compensación del Impuesto de cheque en el pago de ganancias y reducción de retenciones entre otros. Como parte de los requisitos para acceder al mercado de valores, se tiene:

- Tener CUIT (Clave Única de Identificación Tributaria) se utiliza en el sistema tributario de la República Argentina para poder identificar inequívocamente a las personas físicas o jurídicas autónomas, susceptibles de tributar.
- Tener Clave Fiscal, es una contraseña que te otorga AFIP para que realices tus trámites (presentar declaraciones juradas, efectuar pagos, adherir al Monotributo, solicitar la baja en impuestos o regímenes, etc.)
- Estar inscripto en el Monotributo o en el Régimen General, personas naturales o jurídicas que realicen actividades empresariales o de negocios.
- Estar adherido a TAD, es una plataforma donde cualquier ciudadano puede realizar su trámite ante organismos públicos nacionales.

A pesar de tener libre entrada las PYMES al mercado de valores. La CNV aclara que las actividades que se financian son las relacionadas al aumento del stock de inventario, la compra de maquinaria y equipo, renovar el parque tecnológico, cuando se desea adquirir plantas o inmuebles industriales, ampliar el financiamiento de las ventas, financiamiento de exportaciones / importaciones, colocar nueva deuda a un plazo menor/mayor y la refinanciación de pasivos a menor tasa.

En el Tabla 5 se observan los instrumentos de financiación por medio de la Bolsa de Valores de Argentina y el plazo otorgado a cada uno de ellos. Seguido se explica brevemente en qué consiste cada uno de ellos.

Tabla 5 Instrumentos de financiación por medio de la Bolsa de Valores de Argentina.

INSTRUMENTO	PLAZO
Causación Bursátil	7-30 días
Cheque de pago diferido	30 - 360 días
Pagaré Bursátil	180 días a 3 años
Obligaciones Negociables	Depende del emisor
Valores a Corto Plazo	Depende del emisor
Fideicomiso Financiero	Depende del emisor
Acciones	Depende del emisor

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la CNV, MAV, BCBA

Cauciones bursátiles

Son préstamos a corto plazo, entre 7 a 30 días, garantizados por el Mercado de Valores. El colocador aporta el efectivo y al término del período establecido recibe el capital más los intereses correspondientes. El tomador recibe los fondos dejando títulos en el Mercado de Valores como garantía de repago. Cuando vence la caución, el colocador recibe los intereses y el capital pactados mientras que el tomador devuelve el préstamo más sus intereses y recupera sus títulos. Por lo que es un contrato que contempla dos operaciones simultáneas.

Cheque de pago Diferido

Son órdenes de pago librada a una fecha determinada, posterior a su libramiento contra una entidad autorizada que implica disposición de fondos por parte del librador a través de un giro en descubierto, si bien este sistema de descuento permite su cobro a un plazo máximo de 360 días, a través del adelanto de su cobro en la venta de este mercado y se pueden negociar a través de tres sistemas:

- Sistema patrocinado: Implica el acceso de una determinada empresa a través de una autorización por el mercado de valores para que los cheques emitidos puedan negociarse en este.
- Sistema avalado: Propicio para pequeñas y medianas empresas que pueden negociar cheques propios o de terceros, mediante una sociedad de garantía recíproca, a su vez autorizada por el mercado de valores que garantiza su pago.
- Sistema Cheques endosados: pueden negociar cheques de clientes en el mercado las sociedades listadas con acciones y obligaciones negociables del mercado de valores

Pagaré Bursátil

Sistema de financiación que implica el aval de Sociedades de Garantía Recíproca para el acceso a condiciones competitivas y estar habilitados en el Mercado Argentino de Valores que les permite cotizar y estar salvaguardados en custodia en el mercado de capitales o una entidad financiera que sea designada por la entidad competente y se realiza bajo ciertos requisitos en las siguientes entidades:

- Caja de Valores: se realiza a través de las SRG y/o fondos que permiten proveer el convenio y posteriormente dar cumplimiento al proceso de firmas y demás actividades inherentes del registro.
- Mercado Argentino de Valores: Se debe realizar a través de un convenio específico y proceder al registro de firmas.

Obligaciones Negociables

Se consideran como títulos valores representativos de deuda emitidos y negociados en mercados institucionales, permitiendo de este modo obtener recursos y/o fondos a corto, mediano y largo plazo, que ofrece las siguientes ventajas:

Fideicomisos Financieros

Instrumento financiero que permite al inversor participar de un determinado proyecto o cobro futuro, mediante una colocación de deuda o una participación de capital, que se caracteriza principalmente porque se constituye a partir de un patrimonio separado de la compañía que lo genera, que a su vez se constituye como una gran ventaja para el inversor al momento de participar de un proyecto sin necesidad de asumir riesgos la empresa generadora.

Acciones:

Instrumento que permiten a personas naturales o jurídicas a ser propietarios de una entidad o proyecto, permitiendo el acceso a derechos políticos y económicos que en Argentina se consideran como un instrumento de alta rotación, especialmente para las pymes.

2.5 Paralelo de financiamiento pyme a través del sistema bancario vs mercado de valores
A continuación, se presenta un paralelo general del financiamiento para Pymes de ambos países, a través del sistema bancario tradicional vs la bolsa de valores:

Tabla 6 *Financiamiento Pyme Sistema Bancario V& Mercado de Valores*

FINANCIAMIENTO PARA PYMES	
SISTEMA FINANCIERO	BOLSA DE VALORES
Maneja varios tipos de financiamiento, pero las pymes solo acceden a los créditos de libre inversión	Maneja varios instrumentos de financiación
Sistema de financiamiento tradicional	Plataforma tecnológica que ayuda a financiar a las empresas
Intermediación indirecta (El cliente desconoce el origen de los recursos)	Intermediación directa (La empresa que capta el recurso y el inversor trabajan de manera directa)
Tasas de interés más elevadas	Tasas de interés más bajas
Asume el riesgo la entidad bancaria	Riesgo compartido entre la bolsa y el inversor
El porcentaje de tasa depende de lo establecido por el Banco Central de cada país	El precio de la acción depende de la oferta y la demanda
Todas las Pymes pueden acceder a este sistema de financiación. Siempre y cuando cumplan con los requisitos exigidos.	Las Pymes colombianas no tienen acceso al mercado de valores. Las Pymes argentinas aún desconocen del sistema
Los intermediarios trabajan a margen	Los intermediarios trabajan a comisión
Mercado estándar debidamente regulado	Mercado muy volátil

Fuente: *Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la investigación*

3 CONCLUSIONES

Colombia se enfrenta a un reto económico, a fin de lograr la subsistencia de las PYMES a través de la financiación en la bolsa de valores. El ecosistema planteado por el Gobierno Nacional y la BVC parece ser alentador, pero conlleva también una responsabilidad tanto para las empresas como los inversionistas al entender el riesgo implícito de esta alternativa financiera.

Argentina por su lado, cuenta con un sistema de financiación establecido, por medio de la bolsa de valores, el cual funciona y optimiza los recursos de manera eficiente en las PYMES. Es preciso resaltar, que gracias al apoyo de la Comisión Nacional de Valores aproximadamente el 30% de las PYMES han podido financiarse bajo estos instrumentos. Sin embargo, un 70% aún no tienen conocimiento o simplemente toman la opción de créditos bancarios. Lo cual abre una brecha de expansión del conocimiento que puede ser aprovechada.

Pese a que Colombia y Argentina son países muy distintos, no solo en su economía, moneda, y superficie entre otros, el modelo On simple implementado a través de la CNV genera un incentivo mayor para la creación de PYMES al no tener que pagar tasas de intereses tan elevadas como las que presentan las entidades financieras. Adicionalmente se gozan de otros beneficios como un menor costo financiero, asesoramiento gratuito, para orientar a las PYMES en la elección del mejor instrumento que se ajuste a su necesidad financiera., contacto con agentes y colocadores interesados en la atención de pymes y acompañamiento para encontrar la sociedad de garantía recíproca adecuada para incorporarse como socios partícipes entre otros.

En Colombia operan las plataformas online de Fintech desde hace aproximadamente tres años, lo cual no ha permitido que se establezca una regulación eficaz y se realice seguimiento por una entidad competente, lo que conlleva a que se realicen operaciones ilícitas como la de lavados de activos.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Allami, C., & Cibils, A. (2011). El financiamiento bancario de las pymes en Argentina (2002-2009). *Problemas del desarrollo*, 42(165), 61-86.
- [2] Bermeo Chero, R. E. (2019). Caracterización del financiamiento en las empresas del sector agro exportacion—rubro Banano Organico en el Perú. Caso: Asociacion de productores de Banano Organico Valle del Chira-Querecotillo—Sullana-Piura, 2018.
- [3] Bebczuk, R. (2010). Acceso al financiamiento de las pymes en Argentina: estado de situación y propuestas de política. Naciones Unidas – CEPAL. Chile
- [5] Bolsa de Valores de Colombia (2019) Acerca de la bvc/perfil. Bogotá. Recuperado de <http://www.bvc.com.co>
- [6] Calderón, J. M. S., Lleras, G. V., Bustos, J. F. C., del Interior, M., Holguín, M. Á., de Relación, M., ... & de Justicia, M. DOCUMENTO CONPES 3866 DNP DE 2016 (Agosto 8)< Fuente: Archivo interno entidad emisora> CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL REPÚBLICA DE COLOMBIA.
- [7] De Bogotá, C. D. C. (2018). Gran Encuesta Pyme: Informe de resultados, primer semestre de 2018. Lectura regional.
- [8] Diaz, J. (2018) El mercado de capitales al servicio de las pymes a través de un innovador modelo de negocio. ANIF. Bogotá. Recuperado de <http://anif.co/Biblioteca/politica-fiscal/el-mercado-de-capitales-al-servicio-de-las-pymes-traves-de-un-innovador>
- [9] Espinosa, F. R., Molina, Z. A. M., & Vera-Colina, M. A. (2015). Fracaso empresarial de las pequeñas y medianas empresas (pymes) en Colombia. *Suma de negocios*, 6(13), 29-41.
- [10] Ferraro, C. A., Goldstein, E., Zuleta, J., Alberto, L., & Garrido, C. (2011). Eliminando barreras: El financiamiento a las pymes en América Latina.
- [11] García, M. L. S., & Melgarejo, A. R. T. (2013). La problemática del financiamiento de la pyme en México: el caso de las sociedades financieras populares. *Revista Visión Contable*, 11(11), 79-131.
- [12] Grupo del Banco Mundial. (2019). Enterprise Surveys. La experiencia de las empresas. Recuperado de
- [13] Rangel, M. B. (2018). Aspectos conceptuales sobre la innovación y su financiamiento. *Revista Análisis Económico*, 27(66), 25-46.
- [14] Rivas, S. S. (1998). El financiamiento empresarial a través de la emisión de valores: ventajas, desventajas y perspectivas. *Themis: Revista de Derecho*, (37), 65-83
- [15] Rodríguez, M. S. (2003). La Bolsa de Valores de Colombia. Su historia y relación con la Universidad EAFIT. *AD-minister*, (2 sup. 1), 79-87.
- [16] Saavedra, M. L., & Hernández, Y. (2008). Caracterización e importancia de las MIPYMES en Latinoamérica: Un estudio comparativo. *Actualidad contable faces*, 11(17), 122-134.
- [17] Sánchez, J. I. J. (2017). Nuevas modalidades de financiación para microempresas. *Puente*, 8(2), 61-72.
- [18] Sánchez, J. I. J., & Restrepo, F. S. R. (2014). Nuevas alternativas de financiación, fondeo y préstamos a sectores no aptos para el sistema financiero colombiano. *Sotavento MBA*, (24), 100-114.
- [19] Sunshine, F. G. (2019). Innovación, competitividad, globalización: Políticas de la OCDE y de América Latina en los años noventa. *Revista Economía y Desarrollo (Impresa)*, 135(1).

[20] Terreno, D. S., & Sattler, S. A. (2015). Estudio comparativo de la estructura de financiación de las empresas del Panel Pymes con las del Panel General-Mercado de Valores de Argentina. *Gestión Joven*, 13, 55-71.

[21] Villar, L., Briozzo, A., Pesce, G., & Fernández, A. (2016). El rol de la banca pública en el financiamiento a pymes. Estudio comparativo para la Argentina y Brasil. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (76), 205-241.

[22] Zárate Díaz, L. A. (2017). Retos de internacionalización en la pyme colombiana.

Índice “Innovación y Gestión de Productos”

Índice “Innovación y Gestión de Productos”	497
Observatorio Tecnológico OTEC: una década de aprendizaje y servicio, para el desarrollo económico local.....	498
Análisis del proceso de diseño y desarrollo de productos en PyMes del Área Económica Local San Nicolás. Proyecto de investigación.	510
La energía solar fotovoltaica, aplicaciones de las innovaciones tecnológicas en Argentina, la legislación relacionada y sus perspectivas futuras.....	516
Ejes para el Desarrollo de la Trama Productiva de Equipamiento Eólico de Alta Potencia ..	523
Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería.....	532
mecánica	532
Diseño de la envolvente mecánica para un termómetro parlante destinado a personas no videntes	543
Solicitaciones en un acoplamiento cardánico de uso agrícola	553
Análisis estructural de equipo del sector de la construcción para la industria local	563
La función diseño en ingeniería metodología por nodos críticos.....	571
Planta piloto para la producción y ensayo de biodiesel	575
Tecnologías disponibles para la producción del ácido fosfórico en el Perú.....	586

Observatorio Tecnológico OTEC: una década de aprendizaje y servicio, para el desarrollo económico local

Morcela, Oscar Antonio*; Petrillo, Jorge Domingo; Cabut, Mercedes

**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.

El Observatorio Tecnológico - OTEC constituye un espacio de colaboración donde investigadores, docentes, estudiantes, instituciones y empresas, trabajan en conjunto para la producción de conocimiento de interés tanto para la industria y la academia, como para los responsables del diseño e implementación de las políticas públicas.

Su creación en 2008, facilitó establecer el marco organizativo e institucional de actividades, relacionadas con el desarrollo de herramientas de apoyo a la Gestión de la Innovación Tecnológica, que se inscriben en la consolidación de un modelo de universidad innovadora, caracterizada por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción de un sistema regional, provincial y nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva.

El OTEC se relaciona con el proceso de mejora en la formación de los futuros ingenieros mediante el desarrollo de su espíritu emprendedor, al tiempo que contribuye al desarrollo local y regional. Impulsa la creación de nuevas empresas y el desarrollo de proyectos innovadores por parte de los estudiantes tanto de grado como de posgrado, inclusive a través de sus trabajos de fin de carrera en el área de la ingeniería industrial, apoyados por docentes, investigadores y extensionistas.

Con motivo de cumplirse los primeros 10 años de vida del Observatorio Tecnológico OTEC, se presentan los resultados obtenidos y su impacto en el desarrollo local y nacional.

Palabras Clave: trayectoria, desarrollo local, emprendedorismo, competencias tecnológicas.

ABSTRACT

The Technological Observatory - OTEC is a collaborative space where researchers, teachers, students, institutions and companies work together. The production of the knowledge generated is of interest to both industry and university, as well as to those responsible for the design and implementation of public policies.

Its creation in 2008, facilitated the establishment of the organizational and institutional framework to activities related to develop support tools to Technological Innovation Management. They are part of the consolidation of an innovative university model, characterized by its commitment to the development of its territory. They also contribute to the construction of a regional, provincial and national system of Science, Technology and Productive Innovation.

The OTEC is related to the process of improving the training of future engineers by developing their entrepreneurial spirit, while contributing to local and regional development. It promotes the creation of new companies and the development of innovative projects by students both undergraduate and graduate. This is also achieved through his end-of-career work in the area of industrial engineering, supported by teachers, researchers and extension workers.

Upon completion of the first 10 years of the Technological Observatory - OTEC Technology Observatory, the results obtained and their impact on local and national development are presented.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el **Observatorio Tecnológico** (OTEC) se trabaja -con suma modestia y como aporte a la actual realidad- en el diseño de instrumentos y propuestas de aplicación (establecimiento de condiciones idóneas) para lograr la construcción de un territorio (entorno) innovador, competitivo y sistémico con base en el Partido de General Pueyrredon, cuya cabecera es la ciudad de Mar del Plata. Se promueve la creación o consolidación de instrumentos tales como el Parque Industrial y Tecnológico “Gral. Savio” de Mar del Plata, la Incubadora de empresas de la Universidad como parte integrante de un Sistema Regional de Incubadoras de Empresas (SIRIE), la creación de Centros e Institutos tecnológicos sectoriales en áreas de interés regional como alimentos, materiales, metalmecánica, textil, entre otras, y la creación de una Red de Agencias de Desarrollo Local.

Resulta relevante brindar a las empresas del territorio asesoramiento y transferencia de conocimientos en gestión de la innovación y de la tecnología (GIT) y en temas vinculados, con particular aplicación al tejido industrial regional caracterizado por las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME).

El OTEC se relaciona con el proceso de mejora en la formación de los futuros ingenieros, tanto desde las cátedras a su cargo como en las instancias de trabajo de graduación, impulsando el desarrollo de su espíritu emprendedor, indispensable para actuar en la “Sociedad del conocimiento” y así contribuir al desarrollo local y regional.

En el marco de un desarrollo endógeno se requiere una estrecha vinculación entre los distintos actores sociales involucrados (municipios, empresas, industrias, universidades y centros de I+D+i, banca pública y privada, sindicatos, entre otros) a fin de alcanzar resultados exitosos. El logro de los objetivos mencionados exigió y exige un fuerte compromiso con la formación específica de recursos humanos (capital humano). Tal camino se recorre principalmente a través de la asignatura obligatoria del Plan de Estudios de Ingeniería Industrial denominada “Gestión de la Innovación Tecnológica en la Industria (GITI)”, como también desde la asignatura optativa “Economía de la Innovación”, y otro conjunto de asignaturas complementarias que, si bien no dependen del Observatorio, completan la oferta formativa relevante para el área.

El presente trabajo tiene por objeto el análisis de la trayectoria del OTEC a lo largo de sus primeros 10 años de vida, en base a los hitos relacionados a sus actividades, y sopesando el impacto evidenciado en relación al desarrollo territorial.

1.1. Breve historia del OTEC.

La creación del Observatorio, dependiente del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), sucede el 27 de mayo de 2008 con la Resolución de Decano (RD) 1/2008 que aprueba la presentación del Departamento de Ingeniería Industrial referida al Proyecto Institucional que, luego de ser refrendada por el Rector Francisco Morea, fue aprobado por el Ministerio de Educación de la Nación, a través de su Secretaría de Políticas Universitarias – Programa de Calidad Universitaria, como parte del Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería II (PROMEI II). A posteriori fue constituido por el Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería como una de sus Unidades Ejecutoras mediante la Ordenanza de Consejo Académico (OCA) 306/12.

Su creación facilitó establecer el marco organizativo e institucional de sus actividades, relacionadas con el “Desarrollo de herramientas de apoyo a la Gestión de la Innovación Tecnológica”, las que se inscriben en la consolidación de un modelo de universidad innovadora, caracterizada por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción de un sistema regional, provincial y nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva.

2. ENCUADRE TEÓRICO.

Las universidades tienen un propósito y una vocación universales y están insertas en complejos sistemas territoriales de educación superior [1]. Sin embargo, su vinculación con las demandas y las necesidades del territorio concreto, históricamente no han sido muy evidentes. La sociedad actual impone 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.

Es así que en el nuevo escenario mundial las universidades han sido llamadas a colaborar en el desarrollo territorial y del entorno. articulando sus diversas partes en un proyecto de promoción social de principios éticos y de desarrollo social equitativo y sostenible. Así abre el debate acerca de la pertinencia y relevancia de lo que se genera en sus claustros [2]. Por su parte, Burton Clark

[3] considera que las universidades emprendedoras o innovadoras, son aquellas que piensan en el futuro y no se regocijan con el pasado; persiguen la frontera del conocimiento y la formación de calidad de sus egresados de grado y de posgrado; son propensas al cambio organizacional para hacer más eficiente el proceso de gestión del conocimiento [4, 5]; han logrado una cultura organizativa (laboral) que motiva a su personal; resuelven sus problemas con mentalidad de largo plazo; han instalado oficinas de gestión tecnológica [6]; han priorizado su vinculación con los

gobiernos a todo nivel y con los restantes actores sociales y considera, además, que los mediadores más eficaces del conocimiento son los parques tecnológicos.

En línea con estos preceptos se han desarrollado parques e incubadoras como nuevas formas de vinculación entre la universidad-sector productivo [7]. La promoción de la cultura emprendedora y el fomento a la creación de nuevas empresas, tanto de base tecnológica como social, es un desafío impostergable para el sistema universitario argentino.

La Universidad Nacional de Mar del Plata inició el camino en esta dirección en 1996 cuando su Consejo Superior aprobó la Ordenanza (OCS) 004/96, reglamentando así el Título VII "Contratos con terceros", de la Sección VI del Estatuto Universitario. Su reglamentación es revisada periódicamente, siendo la Resolución de Rector (RR) 3606/08, la vigente. Todas las actuaciones se enmarcan en la Ley 23.877/90 de Promoción y fomento de la innovación tecnológica.

Puede pensarse que al igual que los parques tecnológicos, las universidades innovadoras son nodos activos globalizados de las nuevas estructuras en red, actuando como radares perceptivos de la tecnología y la innovación, resultando por lo tanto un aporte destacado a la creación del territorio inteligente [8]. Luego, las políticas públicas deben definir el rol que ocupa el Estado nacional, provincial y municipal y en particular los diversos integrantes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

En la Argentina el camino se ha iniciado, aunque resta un largo trecho por recorrer. La jerarquización de la problemática bajo análisis tuvo un fuerte impulso a través de la creación de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT) en 2007 [9, 10], aunque actualmente ha vuelto sobre sus pasos bajando su rango a Secretaría de Estado, pero sin degradar su relevancia para el sistema. Puede destacarse además el lanzamiento durante los años 2010-11 del Programa VINTEC (Vinculación Tecnológica e Inteligencia Competitiva), el PRONAPTEC (Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica), el Programa Nacional de Gestión de la Propiedad Intelectual y de la Transferencia Tecnológica y el de Impulso a la creación de empresas de base tecnológica, entre otros [11, 12, 13 y 14], como reflejo de una construcción territorial enmarcada en las políticas públicas con orientación al desarrollo.

La creación del OTEC entonces, se inscribe en la consolidación del 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 [15, 16]. Su objetivo es brindar a las empresas del territorio servicios en Gestión de la Innovación Tecnológica - GIT, especialmente a las PyME que caracterizan el tejido industrial regional y, además, aportar a la formación de los futuros ingenieros, promoviendo el desarrollo de su espíritu emprendedor [17 y 18]. Este modelo de universidad implica que es una institución de educación superior cuyos servicios están definidos particularmente por el valor social de los conocimientos que produce, renovando y redefiniendo los vínculos que establece con la sociedad. Se caracteriza entonces por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción de un sistema regional, provincial y nacional de ciencia, tecnología e innovación productiva [19]. Esta definición conceptual está estrechamente relacionada con el pleno ejercicio de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU)

[2] y también con la formación de los futuros ingenieros, promoviendo el desarrollo de su espíritu emprendedor, para actuar en la sociedad del conocimiento y así contribuir al desarrollo local y regional. 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 y se posicionan dentro los diversos agentes especializados en proporcionar servicios en I+D+i para la industria.

Su papel en los sistemas territoriales de innovación como agentes de transferencia de tecnología para las empresas, generalmente se encuentra asociado a las actividades que formalmente se encuadran dentro de lo que se denomina extensión universitaria o actividades de transferencia de tecnología o servicios. Cabe mencionar que dichas actividades, junto con la docencia, la investigación y la gestión constituyen los pilares fundamentales del concepto de Universidad reformista que ha marcado el rumbo de la educación superior en la Argentina del último siglo.

Generalmente la docencia, y el fruto que de ella deriva, no se incluye dentro del producto transferible, aunque sí se incluyen las actividades socio-comunitarias y las prácticas profesionales, entendidas como una devolución a la comunidad, signo del compromiso social universitario y factor diferenciador de la calidad académica de la formación del profesional. Formalmente, aunque puede ser discutido, la principal fuente de productos transferibles deriva de las actividades de investigación que las Universidades realizan desde los grupos, institutos y laboratorios que forman parte del sistema científico nacional [19].

La transferencia tecnológica 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 [20 y 21], aunque no obligatoriamente.

Los mecanismos e instrumentos de transferencia 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 [4 y 21]. 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 [22] 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 [23], 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. Además, reconoce un aumento de los estudios de este fenómeno desde distintas miradas como la innovación abierta, los ecosistemas innovadores o el emprendedorismo [22 y 24] 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 plantea que una start up “es una institución humana diseñada para crear un nuevo producto o servicio bajo condiciones de extrema incertidumbre” [25], mientras que son numerosas las definiciones que se pueden encontrar del término spin off en la literatura. Beraza y Rodríguez observan algunos elementos comunes en el estudio que realizan sobre la conceptualización de ambos términos [26]. La OCDE define 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 [27].

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 [28], 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 [21, 28].

Según puede leerse en la convocatoria, 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 [21]. 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.

Respecto de las empresas que conforman el ejido industrial territorial, existe consenso en que las MiPyME presentan fortalezas y debilidades para la innovación. Entre las primeras se puede mencionar su flexibilidad, la velocidad de respuesta ante cambios externos y una comunicación interna efectiva. Entre las segundas: la débil infraestructura de I+D+i y su limitada cultura de la innovación, escaso poder de mercado, frágiles canales de distribución, falta de recursos financieros para emprender actividades de investigación de mercados y tecnologías, escasa capacidad para la fabricación y el diseño/rediseño de maquinaria y equipo, y para la organización de la producción, para sostener programas de entrenamiento continuo y para la introducción de los sistemas de información y gestión [29]. En respuesta a la realidad de la industria local y regional, las universidades tienen por delante la tarea de facilitar la incorporación de innovación tecnológica y organizativa como factor de competitividad en las MiPyME, promoviendo la gestión de la innovación tecnológica como aporte sustantivo al desarrollo territorial.

3. RESULTADOS

La presentación de resultados se realizará resaltando los logros principales, desagregados en tres apartados, que concentran las actividades académicas, las de I+D y finalmente las de transferencia, haciendo la salvedad que en este último apartado se incluyen las actividades de extensión y de difusión de conocimiento, ya que constituyen una verdadera transferencia de conocimiento hacia el sector productivo y hacia la comunidad toda, y se asume que esa realidad es independiente de la forma contractual que le da origen, como se menciona en el encuadre teórico del trabajo.

Como primera aproximación, se muestra de manera agregada la distribución porcentual de los productos asignados a cada ítem (ver gráfico 1), que por lo dicho podrá resultar funcional para la presentación de los datos, aunque el agrupamiento resulte quizás caprichoso.

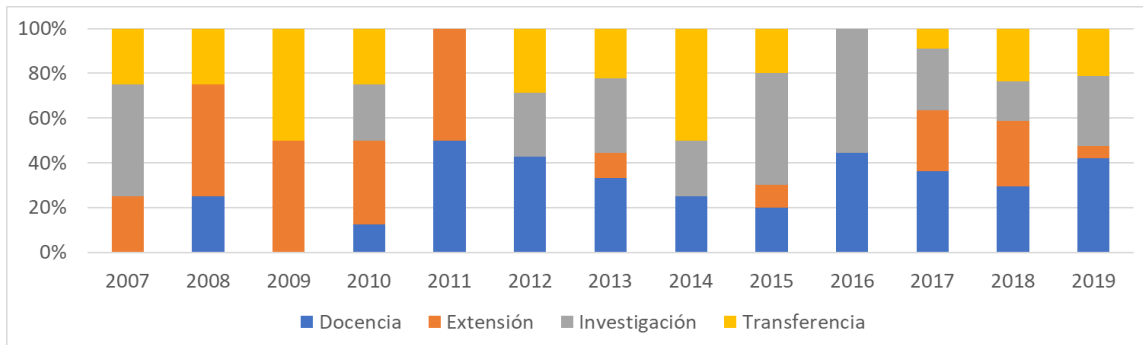


Gráfico 1 Distribución porcentual de la producción (académica y/o técnica) del OTEC, considerando frecuencia de los eventos, sin considerar relevancia relativa de los mismos.

Puede observarse que durante los primeros años de vida del OTEC, los esfuerzos de producción estuvieron concentrados en actividades de extensión y transferencia tecnológica, y a partir de 2012 las actividades de I+D se incrementaron frente de las actividades de extensión.

Asimismo, es evidente que la actividad académica es inicialmente incipiente, pero tiene mayor incidencia a partir de 2011, representando más del 40% de la producción en la actualidad.

En los apartados siguientes se relacionarán estas variaciones con los hitos que le dan origen.

3.1. Académicos (Grado y Posgrado)

Los argumentos sobre los que se sustentó la necesidad de la creación de la carrera de grado de Ingeniería Industrial en la UNMDP, fueron esencialmente de orden socioeconómico. En 1990 se iniciaron las gestiones y en 1999 se aprueba como segundo título de grado para comenzar en 2000. La experiencia recogida junto a los requerimientos sociales amerita su transformación como carrera de primer título, ya que la universidad tiene un amplio territorio de influencia y debe dar respuesta a los problemas que este plantea. En particular debe dar solución a la problemática industrial, que abarca desde su reconversión hasta la creación de nuevas empresas. Por ese motivo el 29 de noviembre de 2001 (OCA 550/01) el Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería aprueba la carrera desde primer año y en la actualidad concentra 1/3 de la matrícula de la Facultad y se ha consolidado como la única oferta académica en un radio de 300 km.

Se espera del Ingeniero Industrial que pueda actuar como integrador de las funciones de la empresa, impregnadas en mayor o menor grado de contenido tecnológico. Para cumplir tal cometido, debe ser competente para comprender y dirigir los correspondientes sistemas tecnológico-administrativos de producción y servicios, y desarrollar las técnicas necesarias requeridas por la empresa para satisfacer tal fin.

Desde el primer momento, la asignatura "Gestión de la Innovación Tecnológica e Industrial" formó parte de la estructura obligatoria del plan de estudios, y dio origen al Área de Gestión de la Innovación, semilla precursora del actual OTEC.

Las necesidades crecientes de incorporar nueva oferta académica para fortalecer la orientación hacia los nuevos modelos de negocios, derivaron en la creación de una segunda asignatura denominada "Economía de la Innovación" (OCA 1441/15), que se ofrece como optativa tanto para la carrera como para Ingeniería Informática. Ambas carreras concentran en conjunto, aproximadamente 2/3 de los estudiantes de la Facultad.

Además de la creación de asignaturas propias, se incorporaron otras asignaturas disponibles para ampliar la oferta de formación complementaria, por iniciativa y gestión del OTEC, las asignaturas "Técnicas de creatividad aplicada" y "Organizaciones desde la perspectiva de la psicología social" (OCA 1541/15), "Emprendimientos Tecnológicos" (OCA 683/17) y "Gestión de Patentes y Propiedad Intelectual" (OCA 879/17).

En el marco del Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos (GTEC 2008), del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, la UNMDP junto a la UNICEN crean la carrera de "Especialización en Gestión de la Tecnología y la Innovación", con el fin de exponer las herramientas para mejorar la competitividad de la producción local, fortalecer las capacidades tecnológicas y de aprendizaje de las empresas, y unificar el lenguaje entre empresarios y universitarios, fomentando la formación de profesionales capaces de apuntalar a las empresas que quieran innovar o que estén en condiciones de desarrollar emprendimientos de base tecnológica (Acreditada por CONEAU, Res. 1049/10).

La principal producción académica relacionada con la formación de grado y posgrado, es sin duda la elaboración de trabajos finales de carrera relacionados con temáticas afines al área de conocimiento, y dirigidos por docentes del Observatorio. En estos diez años se hay dirigido 12 trabajos finales de grado y 5 de especialización, de elevada pertinencia temática e impacto en el desarrollo territorial, a través de su relación con los diversos actores del sistema regional de innovación [20].

La muestra analizada es censal sobre las actividades del OTEC, ya que se ha incluido la totalidad de los casos, pero no se ha analizado la representatividad de la misma respecto de las características globales de los trabajos finales del conjunto de los actores del Departamento de Ingeniería Industrial o de la Facultad misma.

Una mirada integral de los trabajos finales de grado y de las tesis de posgrado permite observar una mayor orientación al desarrollo de políticas públicas e institucionalización, en los trabajos finales de posgrado, frente a una prevalencia de trabajos orientados al desarrollo de productos y procesos innovadores, en los estudiantes de grado (ver gráfico 2).

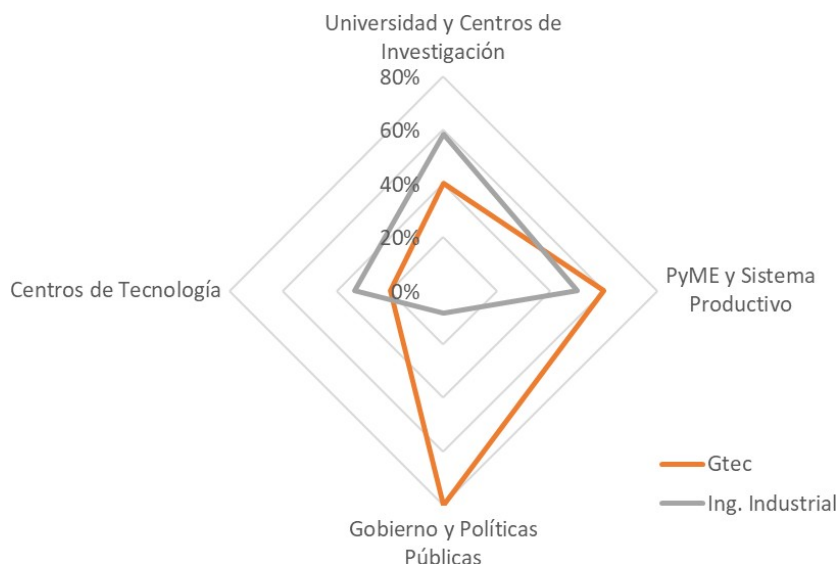


Gráfico 2 Afinidad temática de los trabajos finales de grado y posgrado, en relación a cuatro ejes seleccionados.

A priori puede afirmarse [20] que el impacto de las actividades académicas desarrolladas por el OTEC en referencia a la formación académica, ha provocado un incremento en el logro de la competencia “gestión de la tecnología”, evidente y significativo, orientado al desarrollo de herramientas y actitudes propias de la disciplina, tanto en estudiantes de grado como de posgrado, con fuerte sesgo hacia el análisis intra firma en los estudiantes de grado, frente a un interés marcado por el desarrollo local y sectorial, con análisis de políticas públicas, en los estudiantes de posgrado.

3.2. Investigación y Desarrollo

En el período considerado, los integrantes del OTEC han participado en ocho proyectos bianuales de I+D acreditados por la UNMdP y la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), relacionados con problemáticas que van desde el estudio de las dinámicas de aprendizaje y formación de competencias (2 proyectos: ING412/14 y ING526/18), el análisis de la cadena de valor y la competitividad sistémica, para industrias regionales (2 proyectos: 15-G474 y 15/G518) el análisis de las cadenas de valor (1 proyecto: ING571/19) y las dinámicas de desarrollo de productos tecnológicos (software) en el contexto de la industria TIC, fuertemente basada en el conocimiento (3 proyectos: SPU: 2016/17; ING526/18 y ING526/18).

Al momento de presentar este trabajo, se encuentran vigentes dos proyectos. Uno de ellos lleva por título “Ingeniería económica, competitividad e innovación para el desarrollo regional” (15/G518 – ING523/18), cuyo objetivo general es promover el fortalecimiento de las cadenas industriales a través de la incorporación de innovación tecnológica y la mejora continua de la productividad, a fin de lograr una mayor competitividad, inserción y posicionamiento de los productos manufacturados de la región en el contexto nacional e internacional, y es dirigido por el Dr. Adolfo Onaine.

El otro proyecto vigente lleva por título “Modalidades de agregado de valor para el desarrollo sostenible de las organizaciones regionales” (15/G567 – ING571/19), donde el propósito de la investigación consiste en analizar la contribución de las actividades que agregan valor en las cadenas productivas a nivel sistémico y en los procesos internos de las organizaciones regionales. Se busca la generación de valor económico, social y ambiental mediante la mejora de los procesos y las actividades de innovación, tendientes a aumentar la productividad, eficiencia y rentabilidad de las organizaciones en un marco que garantice la sostenibilidad. La directora del proyecto es la Dra. Alicia Zanfrillo.

Las temáticas abordadas en las publicaciones pueden verse en el gráfico 3, donde se presenta la evolución de la producción académica en relación a las preocupaciones centrales de los campos estudiados.

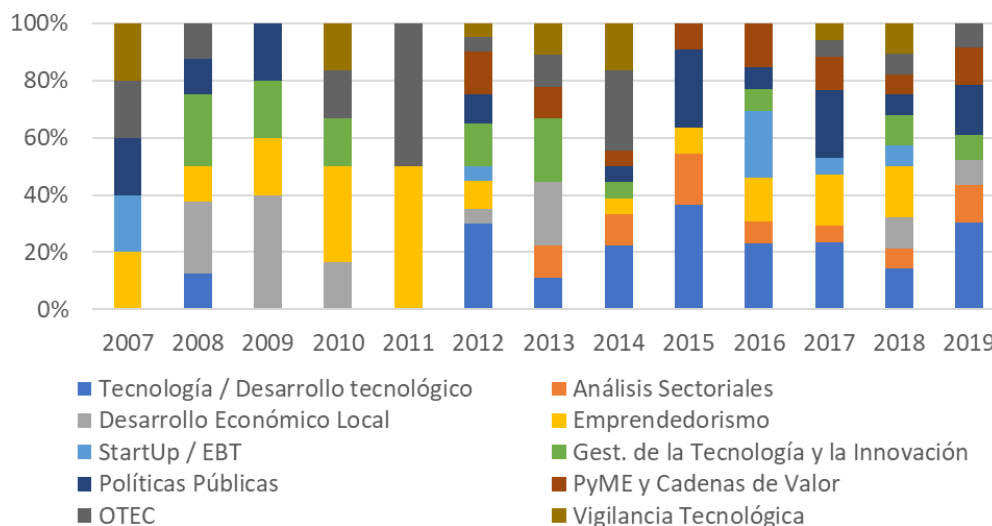


Gráfico 3 Distribución porcentual temática, de los trabajos académicos publicados por el OTEC, considerando frecuencia de aparición de los eventos y agrupamiento en ejes seleccionados.

El principal indicador de gestión para los procesos de investigación básica y aplicada, es por excelencia el número de publicaciones. En el período considerado se ha registrado la publicación de 5 artículos en revistas indexadas, 8 capítulos de libros y más de 75 presentaciones en congresos, publicadas en los anales respectivos.

3.3. Transferencia de conocimientos

La UNMdP canaliza su vinculación con el medio socio productivo a través de diversas vías, en su recorrido para consolidarse como universidad emprendedora, y ha dado recientemente sus primeros pasos en el estímulo a la creación de spin off universitarios [1], siguiendo las tendencias internacionales y en fase con las buenas prácticas de transferencia tecnológica impulsadas por la SECyT (ex MinCyT). Si bien la Incubadora de la UNMdP está realizando una interesante labor sobre los emprendedores industriales, hasta 2018 canalizaba mediante el OTEC los servicios de apoyo a las EBT, aunque en el presente año ha realizado convocatorias específicas para el desarrollo de emprendimientos tecnológicos, cuyos resultados no es posible dimensionar al momento de escribir este trabajo.

Por una vía separada lleva adelante un programa de extensión para el acompañamiento de emprendedores sociales, 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.

En los siguientes apartados se presentarán las principales actividades de transferencia realizadas por el OTEC en el período considerado.

3.3.1. Consultoría Internacional

A través del “Programa para Promover la Innovación Productiva y Social”, el entonces MinCyT financió el Proyecto “Estudios de Consultoría en el Sector Nanotecnológico”, encuadrado en el Préstamo BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento) N° 7599/AR, Licitación N° 05/09 – Expediente N° 2042/09.

El proyecto fue ejecutado por el Observatorio Tecnológico (OTEC), dependiente del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata – Argentina, el Instituto de Bioingeniería de Cataluña (IBEC) y la *Fundació Hospital Universitari Vall D’Hebron* – Instituto de Recerca (VHIR). Las dos últimas instituciones integrantes del Consorcio tienen sede en la ciudad de Barcelona, España. El desarrollo del proyecto contó con el apoyo técnico permanente de la empresa IALE TECNOLOGÍA, desprendimiento spin-off de la Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona, España).

Los estudios prospectivos requirieron consultas a expertos en esta área estratégica, pertenecientes a los sectores académico, de ciencia y tecnología, empresarial y gubernamental, sobre el futuro del desarrollo de las Nanociencias y Nanotecnologías (NyN), sobre sus aplicaciones en el mundo y sobre las oportunidades y amenazas que las mismas presentan a la Argentina [30].

Esta tarea también estuvo estrechamente relacionada con otras actividades del proyecto. Se investigó a fin de poner a disposición del MinCyT, la mayor gama posible de medios de anticipación reflexiva al servicio de la acción, sin pretender avanzar sobre las decisiones de políticas públicas futuras [31]. Se implementó una encuesta a grupos de investigación (81) y empresas (25), y talleres de trabajo entre los equipos técnicos y especialistas.

Para su concreción resultó de particular interés la información diagnóstica sobre la situación de las NyN, la síntesis documental que incluyó trabajos internacionales de carácter prospectivo y se incluyó

además un estudio de benchmarking sobre países líderes. Se utilizaron los resultados de la aplicación del Método Delphi en el que participaron 47 expertos y de los ejercicios de aplicación de la Matriz de Impactos Cruzados, como también los grafos de influencias y de interdependencias de los segmentos seleccionados por los expertos en las cuatro áreas cuatro áreas seleccionadas por el MinCyT.

Para esta tarea se contó con la inestimable colaboración de destacados expertos en cada una de los sectores estudiados, quienes participaron de talleres presenciales específicos. Este intercambio fue complementado por encuentros de síntesis y validación con el consejo asesor y las instancias de decisión política y equipo técnico del Ministerio.

El informe final de la consultoría ha sido publicado por el MinCyT, se encuentra disponible en el sitio web de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología, y el presupuesto de transferencia ejecutado fue de U\$S 253.000 (Director: Mg. Ing. Jorge Domingo Petrillo).

3.3.2. Start Up universitarias.

La generación de EBT permite la aplicación intensiva del conocimiento generado en la academia sobre el entorno productivo. El OTEC lleva adelante estrategias para impulsar 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.

La principal fuente de financiamiento disponible para los emprendimientos intensivos en conocimiento 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 (SECyT), 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 período considerado se ha trabajado en la consolidación y formulación de 5 proyectos tecnológicos, motorizados por diversos Grupos de Investigación de la UNMdP, y realizados por el equipo de trabajo del observatorio [20]. Las modalidades de transferencia han variado entre trabajos finales realizados bajo la dirección de docentes del OTEC (2 casos), 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).

En toda la trayectoria de ejecución de esta línea de financiamiento (desde 2005 a la fecha), han sido presentados 15 proyectos tecnológicos radicados en instituciones de la ciudad de Mar del Plata, pero sólo 12 corresponden al período temporal considerado. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los proyectos que han recibido asistencia del Observatorio en alguna de las modalidades de vinculación, en contraste con el resto de los proyectos de asiento en la ciudad.

Tabla 1 Distribución de ideas proyectos presentadas en el Programa PICT Start Up, con radicación en la ciudad de Mar del Plata, por instituciones participantes y para el período 2008-2019. Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por la ANPCyT.

PICT Start Up 2008-2019	Presentados	Financiados	Con asistencia del OTEC
UNMdP	7	6	4
CONICET	5	3	0

El monto total financiado, correspondiente a los proyectos que recibieron asistencia del OTEC asciende aproximadamente a \$3.450.000, lo que representa más de 65% del monto total financiado por esta línea de crédito, en emprendimientos con asiento en la ciudad.

3.3.3. Servicios a empresas.

El trabajo en relación con el medio socioproductivo, ha permitido al OTEC participar en formulación de proyectos y realización de otros servicios como capacitaciones en tecnologías de gestión y en sistemas de información.

Las modalidades usuales de transferencia han sido contratos de corta duración u órdenes de compra directa. En cualquier caso, no se avanzará en el presente trabajo en el detalle de dichas transferencias, por tratarse de vinculaciones específicas a demanda.

3.3.4. Extensión.

El rol de las Universidades en la contribución al desarrollo local y particularmente el desarrollo emprendedor, requiere una evaluación permanente de su impacto para la adecuación de los programas que respondan a las necesidades de los emprendedores.

El primer proyecto ejecutado desde el Observatorio, fue la “Pre-incubación de emprendimientos en la Facultad de Ingeniería”, financiado por la SPU en 2008. El objetivo principal del mismo era el estímulo a la cultura emprendedora en el ámbito de la Facultad. En esos años, el contexto local de la universidad no fé propicio para la consolidación de emprendimientos de este estilo, y de hecho el proyecto de Incubadora no prosperó hasta el año 2015. La estrategia de consolidación entonces

migró desde las actividades de extensión hacia la intensificación de la oferta académica, como se ha mencionado en el apartado 3.1., hasta el nacimiento de la Incubadora, que permitió trabajar en conjunto para el desarrollo de actividades de tutoría de emprendedores.

El OTEC ha participado del Programa “Acompañando Emprendedores”, en la formación de tutores y la atención de emprendedores sociales. El programa ha mostrado una efectividad sostenida de alrededor del 53% para el logro de los objetivos de los emprendedores más innovadores y superior al 35% para los emprendedores que buscan desarrollar sus negocios actuales [32]. En todos los casos, la opinión general frente al Programa es positiva, sin distinción de perfil.

El proceso de acompañamiento es oneroso en disponibilidad de recursos humanos, por lo que la tasa de deserción es tanto o más importante que la tasa de éxito, ya que el tiempo dedicado a un emprendedor que abandona el programa, es un tiempo virtualmente desaprovechado. El OTEC ha trabajado en la construcción de tecnologías de gestión para el proceso de acompañamiento, y se ha observado que la incorporación de modificaciones al proceso de acompañamiento, ha permitido reducir la tasa de abandono a niveles del 7,5% promedio en 2017, frente al 32% promedio observado en 2016.

Una vez analizados los resultados, se verificó que el Programa de Acompañamiento ha sido más efectivo para los aspirantes de perfil innovador (con una tasa de logro de objetivos del 53% y un 6% de abandono), frente a los de perfil tradicional (con una tasa de logro del 35%, y una tasa de abandono del 8%). Un dato de particular interés, cuya tendencia parece sostenerse, es que el público objetivo del Programa en el contexto local está compuesto por una relación 3 a 1 de tipo tradicional frente al tipo innovador, y sin embargo, el Programa parece mejor adaptado a cubrir las necesidades de los segundos.

A la luz de estos hallazgos, el OTEC ha diseñado una estrategia mixta de atención de emprendedores. Recientemente se ha presentado un proyecto de extensión para el establecimiento de un “Consultorio Tecnológico para emprendedores socioproductivos”, destinado a atender las demandas del medio emprendedor local.

3.3.5. Difusión

La difusión social de las actividades académicas y científicas se produce mediante flujos de información y conocimiento (contenidos) que ocurren en un determinado ámbito (geográfico, cultural, administrativo, etc.) y en un tiempo determinado. El sistema queda formado por dos tipos de elementos, los agentes (o emisores) y los receptores. Los agentes actúan en virtud de unas motivaciones y, haciendo uso de los medios de los que disponen, transmiten unos contenidos (información y conocimiento) al público receptor [33]. La transmisión de esos contenidos ejerce unos efectos que no tienen por qué corresponder a las motivaciones que impulsan estas actividades. En el OTEC se ha considerado que no sólo es valioso el aporte de los desarrollos científicos y tecnológicos, para ser difundido al medio, sino que también los trabajos académicos de considerable originalidad y pertinencia, que muchas veces realizan los estudiantes en su proceso de formación.



Figura 1 QR para acceder a la información de contacto con el OTEC

Con esa perspectiva nace la colección “Pre-textos, para pensar en innovación” (ISBN 978-987-544-762-2), editada en conjunto por el Observatorio y la editorial EUDEM de la UNMdP. Esta publicación periódica busca revalorizar la producción académica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, realizada en el marco de la asignatura “Economía de la Innovación”.

Para la selección de trabajos se ha convocado un Comité editorial integrado por un grupo interdisciplinario de docentes e investigadores del Departamento de Ingeniería Industrial (UNMdP), con trayectoria reconocida tanto en las áreas temáticas de interés como en las técnicas de comunicación académica. A la fecha se han editado tres números de la colección, con más de 34 trabajos evaluados, de los cuales se han publicado 18 entre los tres tomos.

Adicionalmente, desde el año 2018 el OTEC cuenta con su propio sitio web (www3.fi.mdp.edu.ar/otec/) alojado en el servidor institucional de la Facultad de Ingeniería y registrada con el ISSN: 2683-6750, donde se brinda información sobre novedades académicas y tecnológicas, estudios y notas de opinión, se pone a disposición y libre acceso la producción realizada y se ofrece como interfaz para la atención de consultas y servicios para la comunidad en general. Acceda a la información completa de contacto, sitio web y redes sociales, desde el QR de la Figura 1.

4. DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS.

Para el desarrollo de la presente sección, se ha preparado una línea de tiempo con los hitos significativos relacionados con las actividades del OTEC en su contexto institucional y territorial (ver Figura 2).

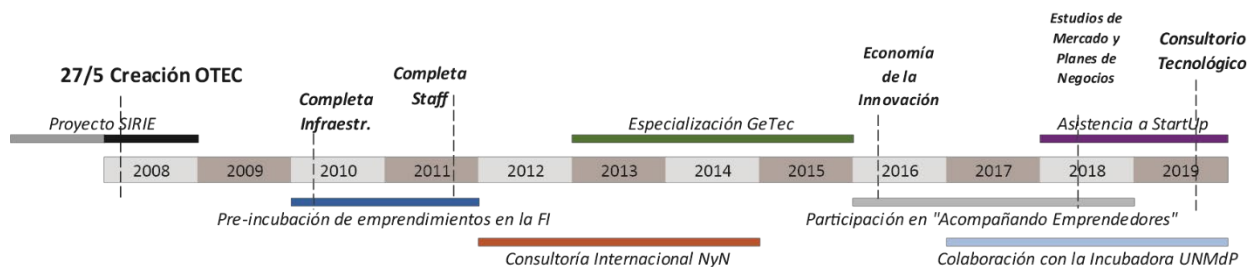


Figura 2 Línea de tiempo de hitos significativos para el OTEC en el período 2008-2019.

El nacimiento del Observatorio encuentra sus raíces en el proyecto SIRIE, que tiene por objeto el fortalecimiento del sistema de incubación regional, por lo que no resulta extraño que sus primeros pasos se vieran orientados hacia la formación de la cultura emprendedora en el ámbito institucional, primero sustentado desde la oferta de actividades de extensión y posteriormente relacionado con la diversificación y orientación de la oferta académica en el marco de la formación de grado y posgrado. Con el surgimiento de la Incubadora de la UNMdP, que cuenta como antecedente inmediato al programa “Acompañando Emprendedores”, el OTEC retoma su participación en actividades de extensión hasta llegar a la actualidad con una oferta propia orientada a satisfacer nichos de emprendedores que se encuentran parcialmente vacantes en la oferta actual institucional.

Paralelamente, ha trabajado en forma sinérgica y simultánea, atendiendo las necesidades de asistencia de los emprendedores tecnológicos, con productos intensivos en conocimiento, y que en general son investigadores con asiento en diversos institutos de la UNMdP. El impacto de la asistencia ha conseguido muestras concretas en los elevados niveles de efectividad en la obtención de financiamiento. El proyecto de mayor envergadura, por su alcance internacional y por su impacto en el desarrollo de políticas públicas, le ha permitido construir capacidades de asociación con actores de primera línea en el ámbito científico y tecnológico, administrando un presupuesto que al momento de su otorgamiento se ubicó segundo en escala de relevancia, en la historia de la Facultad.

Finalmente, es necesario hacer referencia a la evolución del indicador de producción científica, que a cada paso del desarrollo del OTEC ha acompañado coherente y prolíficamente al conjunto de sus actividades. En referencia al panorama actual, puede afirmarse que el Observatorio encuentra su oferta académica consolidada al igual que su actividad de investigación, con un ritmo de publicaciones que da cuenta de un nivel de actividad óptimo. Se observa un desarrollo de las actividades de transferencia adecuado al tenor de los desarrollos tecnológicos generados.

Si bien se evidencian niveles comparativamente bajos en lo que respecta a actividades de extensión, se cuenta con un pool de proyectos en etapa de evaluación, que es posible que permitan balancear estos indicadores en el corto plazo.

5. REFERENCIAS.

- [1] Morcela, O. A.; Cabut, M.; Petrillo, J. D. (2018). "La gestión de la tecnología como competencia de egreso en estudiantes de grado y posgrado". *IV Encuentro Nacional de Gestores Tecnológicos*: MinCyT. CABA: Argentina.
- [2] IESALC - UNESCO (2008). "El movimiento de responsabilidad social de la universidad: una comprensión novedosa de la misión universitaria". *Educación Superior y Sociedad*. Venezuela.
- [3] Clark, B. (2000). *Creando universidades innovadoras. Estrategias organizacionales para la transformación*. México D.F. Porrúa Librero Editor – UNAM.
- [4] Escorsa, P. y J. Valls, J. (2005). *Tecnología e innovación en la empresa*. (2o ed). México. Alfaomega - Universidad Politécnica de Catalunya.
- [5] Hidalgo, A., Pavón, J., y León, G. (2002). *La gestión de la innovación tecnológica en las organizaciones*. Madrid. Editorial Pirámide, pp. 107.
- [6] Morin, J. y R. Seurat, R. (1998). *Gestión de los recursos tecnológicos*. Madrid. Clásicos Fundación COTEC, pp 32.
- [7] Martínez Pavez, C. (1993). *Universidad - sector productivo. Nuevas formas de vinculación. Parques tecnológicos e incubadoras*. Santiago de Chile. CINDA.
- [8] Petrillo, J.D.; Doumecq, J.C.; Morcela, O.A.; Alvarez, F.J. (2009). "La universidad innovadora como instrumento del desarrollo local y regional". *III Congreso Nacional de Extensión Universitaria*. Santa Fe: Univ. Nac. del Litoral.
- [9] PILA-Network (2009). *Gestión de Propiedad Intelectual en Instituciones de Educación Superior*. Programa ALFA III. UNICAMP, Brasil.
- [10] Sierra, P. H. (2003). *Derechos de Propiedad Intelectual en los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología*. SeCyT – MECyT, Argentina.
- [11] Unión Europea (2009). Recomendaciones sobre la gestión de la PI en las actividades de transferencia de conocimiento y código de buenas prácticas para las universidades y otros organismos públicos de investigación. Disponible en: eur-lex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:146:0019:0024:ES:PDF.
- [12] OMPI (2006). *La propiedad intelectual y las empresas*. Colección integrada por: El secreto está en la marca; Lo atractivo está en la forma; Inventar el futuro; Expresión creativa. Disponible es: www.wipo.int/ebookshop.
- [13] OCDE (2009). *Turning science into business: patenting and licensing at public research organisations*. Resumen en español disponible: www.oecd.org/dataoecd/18/2/16231061.pdf
- [14] Condom, P. Valls, J. (2002). "La gestión de una oficina universitaria de licencia de patentes. Lecciones de una experiencia americana". *Revista del CEPADE*. UPMadrid, número 27, pág. 182-192, 2002. España.
- [15] COTEC. (1999). *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y la innovación para empresas. Temaguide*. Fundación COTEC. España.
- [16] COTEC. (2001). *Gestión de la innovación tecnológica en la empresa. Recomendaciones*. Fundación COTEC. España.
- [17] Solé Parellada, F. (2001). *Creación de empresas innovadoras de base tecnológica*. Madrid. Fundación COTEC, pp. 16.
- [18] Sánchez Asiain, J. A. (1998). La llamada paradoja europea: globalización, regionalización e innovación. *Revista Valenciana d'estudis autonòmics*. Número 22, España, www.pre.gua.es/argos/rvea/libro_22/9-22pdf. Libro del citado profesional, publicado por la Fundación COTEC: La tecnología y la innovación como soporte al desarrollo. 2005. Versión pdf en www.cotec.es.
- [19] Lundvall, B. (2009). *Sistemas nacionales de innovación. Hacia una teoría de la innovación y el aprendizaje por interacción*. UNSAM, Argentina.
- [20] Morcela, O. A.; Cabut, M.; Petrillo, J. D. (2018). "Participación del Observatorio Tecnológico OTEC en la formulación de proyectos PICT Start Up de la UNMdP". *XI Congreso de Ingeniería Industrial y I Congreso Internacional de Ingeniería – COINI 2018*, Edutecne. Mendoza: Argentina.
- [21] 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: MinCyT.
- [22] 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>
- [23] Potter, J.(ed.) (2008). *Entrepreneurship and Higher Education*. OECD. Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264044104-en>

- [24] 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.
- [25] Ries, E. (2012). *El método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua*. Barcelona: Deusto S. A
- [26] Beraza, J. M., y Rodríguez, A. (2012). "Conceptualización de la spin-off universitaria: revisión de la literatura". *Revista Economía Industrial*, (384), 143-152.
- [27] OECD. (2015). *Introduction: The New Spin on Spin-offs*. OECD Betterpoliciesforbetterlives. Disponible en: <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/introductionthenewspinonspinoffs.htm>
- [28] 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
- [29] Ortiz, F. (2006). "Gestión de innovación tecnológica en PYMES manufactureras". *I Congreso iberoamericano de ciencia, tecnología, sociedad e innovación (CTS+I)*. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- [30] Morcela, O. A.; Petrillo, J. D.; Doumecq, J.; Petrillo, M. I. (2015). "Experiencia de aplicación del método Delphi en el marco de un estudio prospectivo nacional". *COINI 2014: VII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*, EduTecne. Argentina. ISBN978-987-1896-39-4
- [31] Morcela, O. A.; Cabut, M.; Petrillo, J. D. (2017). "Determinación de políticas públicas en ausencia de participación ciudadana. El caso de las políticas públicas sobre Nanociencia y Nanotecnología en Argentina". *III Jornadas de Investigación en Educación Superior*, JIES. Montevideo: Uruguay. ISBN: 978-9974-0-1580-7
- [32] Morcela, O. A.; Cabut, M.; Petrillo, J. D.; Bertone, B. (2018). "Evolución del proceso de acompañamiento a emprendedores en la Universidad Nacional de Mar del Plata". *VI Jornadas de Extensión Universitaria*. UNICEN. Tandil: Argentina.
- [33] Ramírez Nava, J. (2017). *Difusión y divulgación: la organización de la información científica. Ciencia Ergo Sum, vol. 24, núm. 3*, Universidad Autónoma del Estado de México: México

Análisis del proceso de diseño y desarrollo de productos en PyMes del Área Económica Local San Nicolás. Proyecto de investigación.

Meretta Javier^{*}, Bárbaro Laura, Estrella Vélez Lucas

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.*

Colon 332, 2900 San Nicolás

jmeretta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN:

El presente trabajo describe un proyecto de investigación de carácter exploratorio centrado en el análisis del proceso de diseño y desarrollo de productos, en pequeñas y medianas empresas de la región delimitada por el sur de la provincia de Santa Fe y norte de la provincia de Buenos Aires, espacio productivo denominado Área Económica Local San Nicolás. Utilizando análisis cualitativo, mediante estudio de casos, se intentará determinar el grado de difusión de herramientas de gestión del proceso de diseño, contar con información empírica sobre sus etapas constitutivas, reconocer si el proceso es caótico o sistematizado, identificar estímulos o inhibidores de este proceso y analizar su influencia en la productividad y los resultados de las organizaciones.

Los resultados de este estudio podrían contribuir a mejorar el conocimiento sobre las organizaciones del área productiva de la zona y brindar posibilidades de transferir al medio, conclusiones y evidencias sobre los problemas de implementación de mejores prácticas de diseño y desarrollo de productos.

Palabras clave: Diseño; Desarrollo; Producto; Mejores Prácticas.

ABSTRACT:

This paper describes an exploratory research project focused on the analysis of the process of product design and development, in small and medium enterprises in the region delimited by the south of the province of Santa Fe and north of the province of Buenos Aires, productive space called San Nicolás Local Economic Area. Using qualitative analysis, through case studies, try to determine the degree of diffusion of management tools of the design process, have empirical information about its constitutive stages, recognize if the process is chaotic or systematized, identify stimuli or inhibitors of this process and analyze their influence on the productivity and results of organizations.

The results of this study could contribute to improve the knowledge about the organizations of the productive area of the zone and offer possibilities to transfer to the environment, conclusions and evidences about the problems of implementation of best practices of design and development of products.

1. Introducción

El buen diseño de los productos aporta beneficios tanto a los clientes, quienes los utilizan, como a los fabricantes que los producen. El diseño y desarrollo de productos, aplicado en forma sistemática y con metodología adecuada, contribuye de manera significativa a la competitividad de las organizaciones, facilitando la introducción de innovaciones y reduciendo los tiempos de lanzamiento de nuevos productos al mercado; lo que resulta de gran importancia al momento de aumentar la cuota de mercado y reducir el tiempo que un producto de la competencia ostenta una posición dominante del mercado en solitario.

Por otro lado, el consumidor, que se ha tornado más exigente con el paso del tiempo y el aumento de la oferta de productos, es más difícil de satisfacer y fidelizar; razón por la cual, para superar sus expectativas, agregando valor al producto, las organizaciones deberán incorporar al diseño y desarrollo de productos como herramienta estratégica en sus procesos productivos.

En pos de incorporar mejoras en el proceso de diseño y desarrollo en las empresas ha surgido un creciente interés en el tema de investigación por parte de las mismas, sumado al apoyo de entidades como el Instituto Argentino de Tecnología Industrial [1], para incorporar herramientas que permitan detectar e implementar oportunidades de mejora en su gestión del diseño.

Las empresas de manufactura, los clientes y los organismos gubernamentales pertinentes coinciden en la importancia del diseño y desarrollo de productos, esto se debe a que el éxito económico de las empresas depende de su habilidad para identificar las necesidades de los clientes, crear rápidamente los productos que puedan satisfacer estas necesidades y producir los mismos a bajo costo; lograr estos objetivos es una tarea conjunta de tres funciones centrales en las organizaciones: mercadotecnia, diseño y manufactura [2].

En primer lugar, mercadotecnia resulta ser el mediador entre la organización y sus clientes, definiendo los segmentos de mercado, identificando las necesidades de los clientes, encargándose de la comunicación, lanzamiento y promoción de los productos.

En segundo término, diseño es la función de la organización que define la forma física del producto y comprende al diseño de ingeniería ya sea este mecánico, eléctrico, etc.; y al diseño industrial quien se encargará de la estética del producto, la ergonomía y las interfaces de usuario.

Finalmente manufactura es la encargada del diseño y operación del sistema de producción, asumiendo además el rol de compra, distribución e instalación.

El diseño aporta importantes ventajas a la organización tales como la posibilidad de innovar en sus productos y procesos, diferenciarse de la competencia, generar nuevos productos, introducir mejoras estéticas y funcionales en productos existentes, y facilitar y optimizar los procesos productivos entre otros [1].

Ante todas estas ventajas, surge el interrogante acerca de cuan difundida se encuentra esta práctica en las organizaciones de nuestro país, en particular en nuestra zona: norte de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, la cual presenta algunas particularidades locales por pertenecer a una micro región denominada Área Económica Local San Nicolás Figura1. Este espacio productivo ha sido denominado así en un estudio socio económico realizado por Mazzorra, Filippo y Schleser [3], donde se define a lo local como el ámbito geográfico de referencia inmediata, el lugar donde las relaciones cotidianas se producen en un contexto de proximidad, pero no tiene un límite determinado lo cual indica que no necesariamente debe coincidir con los límites políticos de municipios o provincias. La región queda delimitada por las relaciones sociales que se constituyen y desarrollan a lo largo del tiempo. Quedando el territorio demarcado por los denominados “movimientos diarios pendulares”, en referencia a los desplazamientos diarios que realizan las personas para ir de su casa al trabajo; es decir que este concepto refiere al ámbito geográfico donde la gente vive y trabaja, porciones de territorio que se definen por relaciones económicas cotidianas, especialmente por relaciones laborales, que unen a una ciudad nodo con su área de influencia. Estas áreas no necesariamente coinciden con los límites geopolíticos preexistentes.



Figura 1. Macro localización Área Económica Local San Nicolás (AEL)

El Área Económica Local San Nicolás o AEL San Nicolás, está conformado por los municipios de San Nicolás y Ramallo en el norte de la provincia de Buenos Aires y Villa Constitución en el sur de la provincia de Santa Fe (Figura 2), quienes constituyen un espacio geográfico industrial unificado, una micro región, con identidad socio-productiva propia centrada en el sector siderúrgico y metalmeccánico. Esta estructura productiva presenta una serie de rasgos particulares: mientras la producción del sector siderúrgico se realiza principalmente en dos grandes establecimientos [Ternium Argentina S.A y Acindar Grupo Arcelor Mittal], la producción metalmeccánica se concentra en una gran cantidad de pequeñas y medianas empresas. Este conglomerado de pequeñas y medianas empresas metalmeccánicas, junto a los dos grandes establecimientos siderúrgicos, localizados en la misma micro-región, conforman un verdadero “cluster” sidero- metalmeccánico, cuyo aporte al desarrollo regional es esencial.

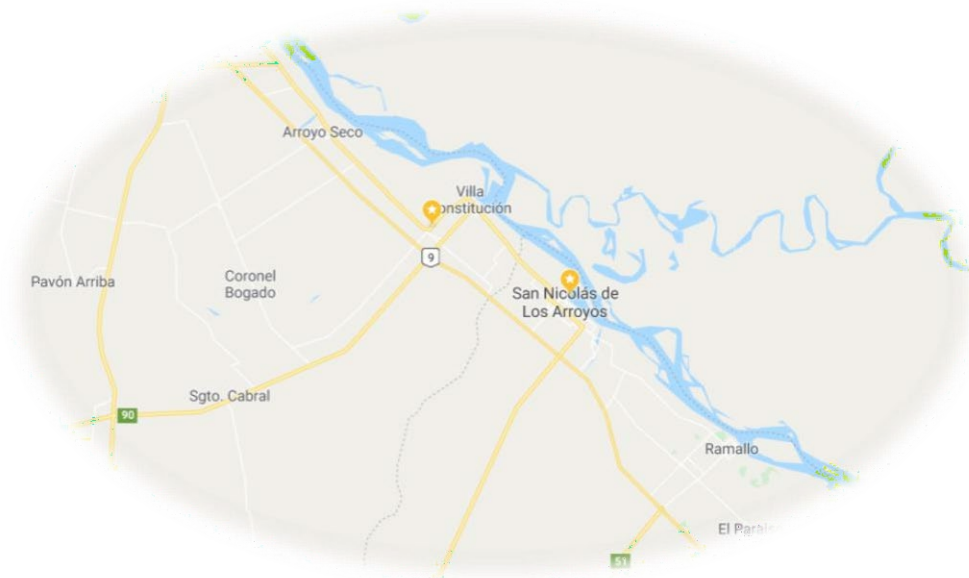


Figura 2. Micro localización Área Económica Local San Nicolás (AEL)

La zona de estudio presenta una alta especialización en metalurgia. Dada la creciente importancia que adopta el territorio en la construcción de ventajas competitivas, y la importancia central del trabajo como actividad económica en el territorio, es que se ha decidido realizar el estudio en esta área; región productiva, que tiene una larga tradición industrial, que ha transitado cambios importantes en su estructura en diferentes períodos históricos y que en los últimos años ha experimentado importantes cambios.

Una vez presentadas ciertas particularidades locales que justifican la región de estudio, se presentarán algunas definiciones acerca del tema de investigación.

En el presente trabajo se entiende por diseño y desarrollo de productos al conjunto de actividades que se inician con una oportunidad de mercado y finalizan con la producción, venta y entrega del producto.

Existen diferentes formas de iniciar el proceso de diseño y desarrollo de productos, puede comenzar a partir de la detección de una oportunidad de mercado y surgir desde la propia organización o puede comenzar a partir del pedido de un cliente. En ambos casos el proceso de diseño y desarrollo cumplirá las mismas etapas secuenciales. Se habla de proceso de diseño y desarrollo porque así está definido por los actores involucrados y sus relaciones, las metodologías y herramientas de trabajo, las etapas del proceso y la información y conocimiento generado durante el mismo [4].

El diseño de producto contempla todas las características del producto, ergonómicas y estéticas, además de su proceso de fabricación y comercialización. A lo que podría agregarse el diseño de la comunicación del producto y la proyección de la imagen corporativa [5].

Es preciso aclarar que estas etapas del proceso pueden no ser necesariamente secuenciales, sino que pueden darse en forma simultánea; para el presente estudio se han analizado etapas que se inician con la identificación de las necesidades del cliente, la generación del concepto, su selección, prototipado y producción.

No se encuentran en la literatura muchos trabajos que analicen empíricamente los factores críticos del proceso de diseño y desarrollo de productos en las pequeñas y medianas empresas de nuestro país, en particular en la región de estudio. Este trabajo busca avanzar en este sentido tratando de encontrar evidencia objetiva acerca de los factores que inciden en este proceso.

En el exterior de nuestro país se pueden encontrar algunos trabajos que presentan modelos para el diseño y desarrollo de productos, algunos autores como Bobrow [6] y McGrath [7] remarcan algunos elementos críticos para el proceso como la rapidez de salida al mercado, el trabajo en equipo y la gestión de calidad. Bobrow [6], destaca una clara dirección estratégica y una cultura organizacional alineada a la innovación.

Los factores críticos, identificados en la literatura, que inciden en el proceso de diseño y desarrollo de productos se agrupan en tres conjuntos: la planificación del desarrollo de productos, el análisis de los requerimientos de mercado y el compromiso y apoyo de la gerencia. Con respecto al primer conjunto se pueden citar factores como: la participación de un equipo interdisciplinario, una buena planificación del proceso y la superposición de etapas del proceso entre otros. En referencia al análisis de los requerimientos de mercado, se pueden mencionar como ejes centrales a la identificación de mercados objetivos y potenciales clientes. En cuanto al compromiso y apoyo de la alta dirección, los factores a tener en cuenta son: una dirección estratégica clara, la provisión de recursos humanos y financieros, y por último una clara visión de la industria.

Este trabajo de investigación pretende explorar el proceso de diseño y desarrollo de productos en pequeñas y medianas organizaciones de la región, para intentar determinar el grado de difusión de herramientas de gestión del proceso de diseño, contar con información empírica sobre sus etapas constitutivas y prácticas de gestión de este proceso en empresas de esta región.

Resulta de interés, por ejemplo, identificar si en las empresas se encuentran más desarrolladas las actividades del proceso de diseño relacionadas con el dominio de la ingeniería o las de índole más creativa del dominio del diseñador; a la vez que se busca identificar si predomina la búsqueda de soluciones de tipo funcional o se hace centro en la temporalidad del proceso, al intentar resolver rápidamente el problema de diseño [8]. O en otro caso, analizar si se realiza el desarrollo del concepto del producto y la validación del diseño a partir de un prototipo o maqueta como paso previo al diseño de detalle, el cual requiere una coordinación entre el área de diseño y el área de producción asegurando el orden y la comunicación de la información (Schwabe-Neveu, Fuentes- Stuardo, Briede-Westermeyer, 2016).

El presente proyecto nos permitirá conocer mejor a nuestras organizaciones y aportar datos empíricos a la discusión más amplia acerca de este proceso en algunos aspectos claves: Cuáles serían las prácticas de gestión que estimulan el proceso de diseño y desarrollo de productos; qué tipo de problemas de aplicación o adaptación local tienen las etapas constitutivas de este proceso en comparación con otras regiones o países, ya sea por condicionamientos culturales, la ausencia de una masa crítica de profesionales o de mentalidades empresariales que no ayudan a su impulso.

Se busca información que nos permita analizar el grado de sistematización existente en el proceso de diseño y desarrollo de productos con especial énfasis en los siguientes aspectos:

- Reconocer si el proceso es caótico o sistematizado.
- Identificar y reconocer etapas del proceso como la identificación de necesidades del cliente, generación de conceptos, prototipado, realización de ensayos, etc.
- Identificar los factores que incidan en el proceso de diseño y desarrollo, ya sean estímulos o inhibidores.
- Identificar posibles cuellos de botella del proceso.
- Efectuar evaluaciones fiables sobre su influencia en la productividad y los resultados de las organizaciones.

Un aporte local importante, en referencia al cluster en estudio, podría consistir en información fiable sobre las consecuencias de las crisis económicas y sociales sobre las organizaciones: si influyen en la capacidad de diseñar y desarrollar nuevos productos y lanzarlos al mercado y como afectan los tiempos de este proceso.

Para analizar el proceso de diseño, se obtendrá información de carácter cualitativo mediante estudios de casos que puedan ser identificados como emblemáticos en la región, con el propósito de analizar lo que realmente ocurre desde el inicio de la relación con el cliente que requiere un determinado producto, o desde el momento en que la empresa decide iniciar un nuevo proyecto al detectar una oportunidad de mercado; hasta su lanzamiento al mercado.

2. Metodología

La presente investigación es de carácter exploratorio, orientada a obtener información sobre el proceso de diseño y desarrollo de productos y los factores que inciden sobre el mismo en la región elegida para realizar el estudio. Se utilizara la metodología cualitativa y el instrumento fundamental para obtener la información será la entrevista en profundidad, utilizando una guía para entrevistas, ya que como sugiere Patton [10], la guía suministra “cuestiones o áreas temáticas dentro de las cuales el entrevistador tiene libertad para explorar, profundizar y hacer preguntas que aclaran e iluminaran 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 sistematización del proceso de diseño y desarrollo de productos. El interés fundamental estará centrado en comprender la experiencia de los entrevistados en relación a este proceso.

Se ha estimado realizar inicialmente entrevistas en organizaciones a responsables del área de mercadotecnia, manufactura y diseño, las tres funciones componentes del proceso de diseño y desarrollo de productos. Adicionalmente se tendrá en cuenta una adecuada representación de actividades profesionales y funcionales dentro de cada empresa, así como la antigüedad y experiencia de los entrevistados. El número de entrevistas será función de la información obtenida, pudiendo ampliarse en una misma organización para obtener información de contraste en caso de tener alguna evidencia de sesgo por parte de algún entrevistado o seleccionar adicionalmente a otras organizaciones si es necesario para confirmar ciertas tendencias en un sector de actividad específico. En cualquier caso se interrumpirán las entrevistas cuando se considere que las mismas ya no aportan información adicional en función de los objetivos de la investigación, evitando el riesgo de “saturación de información”, tal como los metodólogos denominan a aquella etapa en la que los entrevistados no aportan ya elementos originales a la investigación. Se tratara la información con todos los recaudos que los especialistas recomiendan para este tipo de metodología:

Se solicitara a los entrevistados una autorización para la grabación de las entrevistas, desgravándolas digitalmente y utilizando un software específico (Atlas ti) para tratamiento de textos en entrevistas cualitativas, ya que parece haber un consenso entre los expertos en investigación cualitativa acerca de la importancia de las transcripciones textuales como “materia prima” fundamental del análisis cualitativo. En caso de no ser factible la grabación se tomara nota de la entrevista intentando reconstruir posteriormente lo más fielmente posible la información.

Previamente a las entrevistas se explicaran los objetivos de la misma a los entrevistados y se le entregara un protocolo de confidencialidad por el cual se acuerda no mencionar a la empresa por su razón social cuando se presente el informe final, salvo que los interesados lo permitan, aclarando que se trata de una investigación independiente con fines científicos.

Finalmente para analizar los datos recogidos se tratara la información siguiendo las recomendaciones de McCracken [11] sobre el proceso de análisis en cinco etapas. Cada etapa del

proceso representa un movimiento hacia un mayor grado de generalidad, desde los detalles particulares de las entrevistas a conclusiones académicas más generales. Las primeras cuatro etapas implican el análisis de las transcripciones de las entrevistas y la identificación de los aspectos que pueden considerarse los elementos más destacables sin determinar como esos aspectos podrían ser combinados. La quinta y última etapa es cuando las conclusiones de todas las entrevistas individuales se ponen en conjunto transformándose en un todo cohesionado.

En la muestra de las empresas a entrevistar se tendrá en cuenta dos aspectos fundamentales, su sector de actividad y su tamaño, la capacidad para disponer recursos humanos, financieros e institucionales para acceder con cierto éxito al lanzamiento de nuevos productos.

3. Conclusiones

La presente investigación tiene como objetivo prioritario la transferencia al medio de sus investigaciones de manera de contribuir a mejorar el conocimiento sobre las organizaciones del área productiva de la zona, mediante conclusiones y evidencias sobre los problemas de implementación de mejores prácticas de diseño y desarrollo de productos en las empresas, sus consecuencias locales, limitaciones, y las posibilidades reales de mejorar la productividad general de las organizaciones a través de nuevas prácticas organizativas. El estudio sería el primer proyecto de este tipo en la región y podría constituir una oportunidad para mejorar las posibilidades de implementación de diversas técnicas de gestión del diseño y desarrollo de productos. Los resultados del estudio podrían ser presentados a las empresas que han brindado información al mismo con el fin de mejorar la gestión del diseño, reducir los costos del proceso, disminuir los tiempos de desarrollo y evitar los ciclos repetitivos en el proceso de diseño y desarrollo de productos. En términos académicos constituir una base de información sólida sobre las modificaciones en la orientación de las estructuras y procesos organizativos de las empresas.

4. Bibliografía

- [1] INTI (2009). Proceso de diseño, fases para el desarrollo de productos. Boletín informativo N°141.
- [2] Ulrich, K.; Eppinger, S. (2016) "Diseño y desarrollo de productos" Sexta edición Mc Graw-Hill. ISBN 978-0-07-802906-6
- [3] Mazzorra, Filipo, Schleser; (2005). "Áreas Económicas Locales y Mercado de Trabajo en Argentina: Estudio de Tres Casos" CEPAL, Serie Desarrollo Productivo N° 157.
- [4] Ariza, R.; Ramirez, R. (2007). "Herramientas para mejorar la gestión del diseño en PyMEs". INTI | PROGRAMA DE DISEÑO. 6° Jornadas de Innovación y Desarrollo, noviembre 2007
- [5] Chacón Murillo, J. E. 2018 "Plan de mejora del proceso de diseño de producto en una empresa del sector calzado" Facultad de Educación permanente y avanzada. Especialización en Gerencia de la Calidad. Bogotá.
- [6] Bobrow, E. (1997). "The complete idiot's guide to new product development". Macmillan, New York.
- [7] McGrath, M. (1996). "Setting the pace in product development: a guide to product and cycle time excellence". Butterworth Heinemann, Woburn, MA.
- [8] Guerrero Valenzuela, M. A. 2016 "Propósitos y argumentos en el proceso de diseño, el diseño conceptual en torno a la representación formal del producto". Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño.
- [9] Schwabe-Neveu, Jimmy; Fuentes-Stuardo, Paulina; Briede-Westermeyer, Juan Carlos. 2016. "Caracterización del proceso de diseño de productos de una empresa prestadora de servicios de diseño. Propuesta basada en un enfoque de procesos". Dyna, vol. 83, núm. 199, 2016, pp. 148- 156 Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- [10] Patton, M. (1990). Qualitative evaluation and research tools. Pag. 283. Newberry Park: SAGE
- [11] McCracken, D. Grants (1988). The Long Interview (Qualitative Research Methods, Vol. 13). Newbury Park: Sage.

La energía solar fotovoltaica, aplicaciones de las innovaciones tecnológicas en Argentina, la legislación relacionada y sus perspectivas futuras

Ramírez, Oscar *; Fernández, Marcelo; Camblong, Jorge

**Instituto de industria, Universidad Nacional de General Sarmiento.
J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Pcia. de Bs. As.
oramirez@ungs.edu.ar*

RESUMEN.

Este trabajo en su primera etapa describe el desarrollo tecnológico de los sistemas de generación de energía eléctrica a partir de celdas de transformación solares fotovoltaicas.

La innovación de esta tecnología y sus aplicaciones es de vital importancia dados los más de 6000 documentos científicos que afirman (según OMS) el complejo panorama del planeta en relación a la contaminación, el cambio climático y el efecto invernadero.

Posteriormente, en una segunda etapa, se reseña la evolución en el tiempo de la utilización de estas tecnologías en el ámbito nacional en referencia a la generación individual y centralizada. Finalmente se investigó el devenir de la legislación relacionada con la aplicación de esta tecnología alternativa.

Como conclusión se plantea un posible escenario que brinda el mercado argentino.

Palabras Claves: Energía solar fotovoltaica, Energías renovables, Matriz energética.

ABSTRACT.

This paper in its first stage describes the technological development of electric power generation systems from photovoltaic solar transformation cells.

The innovation of this technology and its applications is of vital importance given the more than 6000 scientific documents that affirm (according to WHO) the complex panorama of the planet in relation to pollution, climate change and the greenhouse effect.

Subsequently, in a second stage, the evolution in time of the use of these technologies in the national scope in reference to the individual and centralized generation is outlined. Finally, the evolution of legislation related to the application of this alternative technology was investigated.

In conclusion, a possible scenario offered by the Argentine market is predicted.

1. INTRODUCCIÓN.

La Energía Solar, como alternativa energética, constituye una línea relevante para un desarrollo sostenible cuidando a la vez el medio ambiente del planeta. Podríamos considerar que el sol es una fuente inagotable, calificándola entonces como un recurso energético renovable y esencialmente no contaminante o limpio.

En función del método de transformación y aprovechamiento puede clasificarse de dos maneras: i) Energía Solar Térmica para los casos en que la radiación electromagnética proveniente del sol se utiliza para calentamiento (conversión fototérmica); y ii) Energía Solar Fotovoltaica cuando se produce la conversión directamente en electricidad a través del efecto fotovoltaico. Esta última modalidad de conversión puede derivar en dispositivos de generación aislada (no conectadas a la red eléctrica) para autoconsumo o en plantas conectadas a la red que se integren a la matriz energética.

1.1. Un poco de historia de la utilización de la energía solar.

En lo que hace a la energía solar, las civilizaciones antiguas no estuvieron exentas de su utilización. Puede decirse que el surgimiento de la energía solar comenzó en la antigua Grecia, el dios Helios o del sol, era adorado y tenía varios templos. Alrededor del año 400 ac, los griegos fueron los primeros en idear construcciones para aprovechar la luz y el calor del sol. Posteriormente los romanos aprendieron a usar invernaderos con ventanas de cristal para hacer que los alimentos crecieran adecuadamente utilizando la luz del sol. Se trataba en esos tiempos de la utilización de la Energía Solar Térmica.

Siglos después, el efecto fotovoltaico fue reconocido en 1839 por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891) que observó este efecto en una solución conductiva expuesta a la luz [1]. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. Esta celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad, sus aplicaciones se centraron en la elaboración de sensores de luz como una aplicación para las cámaras fotográficas.

La celda de Silicio que se utiliza en la actualidad proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue desarrollada en 1940 y patentada en 1946.

La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los laboratorios Bells. Accidentalmente, experimentando con semiconductores se encontró que el Silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz. Los avances logrados con este tipo de celda contribuyeron a la producción comercial, lográndose una eficiencia del 6%.

El dispositivo fotovoltaico actual por excelencia es la celda solar de silicio cristalino (material semiconductor), consistente esencialmente en un diodo que transforma la radiación solar en corriente continua [2].

1.2. Aplicaciones aeroespaciales.

Las primeras prácticas relevantes de la generación de energía con celdas fotovoltaicas fueron aplicaciones en los satélites geoestacionarios.

La primera aplicación de celdas solares en el espacio fue la realizada en el satélite Vanguard I, lanzado por Estados Unidos en el año 1958, esta nueva fuente de energía le permitió seguir transmitiendo durante siete años pues las baterías químicas solo fueron utilizables durante 20 días.

Estos desarrollos y aplicaciones en los vehículos espaciales fueron de gran importancia, lo cual estimuló la investigación y búsqueda de paneles solares cada vez más eficientes. El primer mercado de los paneles fotovoltaicos fue entonces dirigido al sector aeroespacial. Los módulos de alta eficiencia para uso aeroespacial llegaron a niveles del 20%.

La crisis del petróleo de inicios de la década del 70, derivó en la aplicación de la tecnología fotovoltaica para usos terrestres. Desde mediados de la década del 90 las actividades en este campo (el fotovoltaico) recibieron un renovado impulso, esta vez gracias a la creciente presión ecologista de la sociedad. Más recientemente, la fuerte reducción de costos de los paneles solares y de los sistemas fotovoltaicos en su conjunto, ha dado lugar a que en varios países se haya alcanzado un costo de generación con energía solar fotovoltaica comparable al costo de generación con fuentes convencionales.

2. EVOLUCION DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Como ya fue dicho, el elemento básico de la industria fotovoltaica es y seguirá siendo, por lo menos en el mediano plazo, el silicio cristalino (c-Si). Este semiconductor es la base de la industria electrónica por lo cual su tecnología está muy desarrollada, ahora bien, en la búsqueda constante por bajar los costos se fueron desarrollando dispositivos de película delgada de diferentes

materiales semiconductores. De ellos, el silicio amorfo (a-Si) es el más difundido en el mercado desde hace años y las celdas de CdTe y de CuInSe_2 (CIS) son de reciente aparición. De seguido se mencionan -de modo no exhaustivo- diversas tecnologías fotovoltaicas alternativas que hoy cuentan con diferente grado de madurez:

- películas delgadas (Thin Film, TF), principalmente telururo de cadmio (CdTe), seleniuro de cobre-indio-galio (CIGS) y silicio amorfo (a-Si);
- dispositivos multijuntura basados en semiconductores III-V como el arseniuro de galio (GaAs), de uso habitual en aplicaciones espaciales, pero que han comenzado a utilizarse en los últimos años en usos terrestres en combinación con sistemas ópticos de concentración de la radiación solar (CPV, Concentrating Photovoltaics); y
- tecnologías emergentes, tales como celdas solares de perovskitas, sensibilizadas por colorante y de materiales orgánicos.

Los módulos constituyen el elemento fundamental de un sistema fotovoltaico y se generan conectando en serie un conjunto de celdas fotovoltaicas. Estos módulos se caracterizan en función de la potencia (en Wpico) que pueden entregar al ser iluminados con una radiación de 1 kW/m^2 , la mayoría de ellos están diseñados para entregar corriente continua a tensiones algo superiores a 12 V dado que la principal aplicación fotovoltaica es la carga de baterías.

El sistema fotovoltaico se completa con el denominado “Balance del Sistema” (BOS, por sus siglas en inglés Balance of System), que incluye según la aplicación, algunos de los siguientes componentes: inversores de corriente continua a corriente alterna, acumuladores (baterías), transformadores, cables, equipo de monitoreo y componentes estructurales para la instalación de los módulos. Estos pueden montarse sobre el piso (caso típico de las centrales de potencia) o en edificios (en terrazas, tejados, fachadas) y además las instalaciones pueden ser fijas o bien contar con un sistema de seguimiento del sol.

Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse básicamente en dos categorías: (i) sistemas aislados, típicamente ubicados en áreas rurales sin acceso al servicio eléctrico de red, y (ii) sistemas conectados a la red eléctrica pública. Aun cuando en la mayoría de los casos los sistemas aislados son competitivos desde hace años, su tasa de crecimiento anual en los últimos tiempos (a nivel mundial) ha sido fuertemente menor que la correspondiente a los sistemas fotovoltaicos conectados a la red [2].

En lo que respecta a la fabricación de paneles solares en Argentina sólo se realizan a partir de celdas importadas siendo tres empresas las que presentan producción propia: Solartec S. A., LV Energy, y Ledlar Sapem. Actualmente la provincia de San Juan está ejecutando la construcción de una fábrica integrada de lingotes de silicio solar, obleas y celdas cristalinas, y paneles solares fotovoltaicos de 71 MW de producción anual, emplazada en el Departamento de Pocito, Provincia de San Juan.

3. EVOLUCION DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ARGENTINA.

En concordancia con la crisis energética mundial de principios de la década del setenta el 3 de junio de 1974 fue creada en Argentina la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES), conformada por equipos de investigación y desarrollo, especializados en la temática de la energía solar, distribuidos en todo el país con el objetivo de coordinar esfuerzos en la adaptación de las tecnologías de generación de energía solar en el contexto local.

En el año 1997 cambió su nombre por Asociación Argentina de Energía Renovables y Ambiente con el objetivo de ampliar la gama de temas tratados a los de energías renovables en general, a pesar de esto ha mantenido las siglas originales. Cuenta con un gran número de miembros representantes de universidades, laboratorios, empresas y ONG ambientales de la Argentina y se encarga de organizar reuniones anuales desde el año 1975 a la fecha.

A partir del año 1978 la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación (SeCyT) desarrolló el “Programa Nacional de Investigaciones en Energía no Convencional”, estaba coordinado por un comité integrado por representantes de los equipos de I+D que lo formaban y un director designado por la Secretaría [3]. Este Programa brindaba apoyo a los equipos de I+D, financiaba congresos nacionales y la participación en reuniones internacionales.

En cuanto a energía solar las líneas de investigación desarrolladas fueron las siguientes: relevamiento del recurso, arquitectura solar, colectores planos de aire y agua, conversión fotovoltaica, pozas solares y concentradores solares.

En el entorno de este Programa los equipos de investigación que trabajaron la temática vinculada a la energía solar fotovoltaica pertenecían a la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, la Universidad Nacional del Litoral y la Universidad Nacional de Salta, destacándose proyectos como “sistemas solares fotovoltaicos autónomos”, “celdas solares argentinas”, “Elaboración de un

manual de datos característicos del recurso energético solar” entre otros [4]. La SeCyT finalizó este programa en 1992.

En el año 1981 fue creada la “Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía” (DNCyNFE) en el ámbito de la Secretaría de Energía de la Nación. Esta Dirección ha desarrollado actividades vinculadas a las energías renovables y el uso racional y eficiente de la energía. En este contexto por decreto 2247/85 el PEN puso en marcha el “Programa de Uso Racional de la Energía” {2}, el que se llevó a cabo entre los años 1985 a 1989, dividiéndose en tres subprogramas: Conservación de la Energía, Sustitución de Combustibles y Evaluación, Desarrollo y Aplicación de Nuevas Fuentes de Energía.

También fueron creados Centros Regionales por convenios con las provincias y universidades donde ya existían grupos de I+D con experiencia en cada fuente de energía [5].

En lo que respecta a energía solar se creó el Centro de Energía Solar CRES en la provincia de Salta donde el grupo INENCO dependiente del CONICET y la Universidad de Salta, es un referente en lo que a la temática de energía solar térmica se refiere.

Algunas tareas destacadas del grupo INENCO fue la realización de estudios centrados en aplicaciones relacionadas con el diseño de equipos fotovoltaicos para zonas rurales. Se instalaron equipos fotovoltaicos en escuelas de la Puna y el Chaco Salteño. En la década del 90 asesoró a Naciones Unidas en la instalación de miles de sistemas fotovoltaicos en localidades aisladas del Perú.

A partir de 2002 INENCO participó en nuevos desarrollos y transferencias en relación a sistemas fotovoltaicos en Centros de Salud y Comunitarios en la Puna Argentina.

3.1. El Programa PERMER.

A pesar del alto porcentaje de electrificación existente en el país, una porción de la población en especial la situada en áreas rurales dispersas siempre sufrió la carencia de servicio eléctrico por encontrarse alejada de las redes de distribución.

En 1994 la Subsecretaría de Energía Eléctrica dependiente de la Secretaría de Energía y Minería de la Nación puso en funcionamiento el Programa de Abastecimiento Eléctrico a la población Rural Dispersa de Argentina (PAEPRA). En 1997 para dar cumplimiento al PAEPRA se desarrollaron las bases de un proyecto de alto contenido social denominado “Energías Renovables en Mercados Rurales” (PERMER) mediante el cual se propuso asegurar el abastecimiento del servicio eléctrico a ese segmento poblacional en forma sostenible, brindándole a los futuros usuarios la posibilidad de satisfacer sus necesidades básicas de iluminación y comunicación, preferentemente mediante la utilización de fuentes de generación renovables (sistemas eólicos, sistemas fotovoltaicos y microturbinas hidráulicas).

El Proyecto se financió mediante un préstamo del Banco Mundial, una donación del Fondo Mundial para el Medio ambiente, los usuarios, los concesionarios y las 8 provincias que participaron inicialmente y fue llevado a cabo por la Secretaría de Energía de la Nación a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto y de las Unidades Ejecutoras Provinciales, quedando el suministro a cargo de concesionarios públicos y privados.

Contó con cuatro actores principales: el Estado Nacional, los Gobiernos Provinciales, los concesionarios del servicio y los usuarios, todos estos organizados en un sistema de responsabilidades compartidas [6].

El proyecto comenzó en la práctica en el año 1999 y dentro de la variedad de fuentes renovables se contó con la utilización de sistemas fotovoltaicos para uso doméstico y para instituciones de servicios públicos tales como escuelas, hospitales y edificios públicos, concluyendo su ejecución en el año 2012. El 78,8% del presupuesto correspondiente al equipamiento instalado en este programa correspondió a sistemas de generación fotovoltaica, siendo 52,6% para casos individuales, 22,4% para aplicaciones en escuelas y 3,8% para instalaciones en edificios públicos.

En 2009 la Secretaría de Energía inicio gestiones para implementar una segunda etapa del Proyecto PERMER. En 2015 el Banco Mundial otorgó un crédito de u\$s 200 millones que junto a un aporte local de u\$s 40,9 millones permitió dar inicio al proyecto PERMER II en octubre de 2015 siendo su fecha de finalización en 2020.

El proyecto PERMER II planteó como objetivos la provisión de energía eléctrica en tres formatos, el primero para iluminación y comunicación en hogares aislados e instituciones públicas dispersas, un segundo para pequeñas comunidades rurales a través de mini-redes y una tercera opción para usos productivos como bombeo de agua entre otros [7].

3.2. Programas GENREN y RenovAr.

En 2006 se aprueba la ley 26.190, esta establecía como objetivo llegar a un 8% de generación de energía en la matriz energética nacional a través de fuentes renovables para el 31 de diciembre de 2017.

Para cumplir con este propósito en 2010 la Secretaría de Energía crea el Programa GENREN con la premisa de instalar centrales de potencia de generación a partir de fuentes renovables. Durante los procesos licitatorios del GENREN I (año 2010) y GENREN II (año 2011) se realizaron ofertas por 1.436,5 MWh. Menos de una cuarta parte de estos proyectos se concretaron, lo cual se atribuyó a la falta de financiamiento que atravesó Argentina en esa época y a la falta de confianza en la capacidad de repago por la mala situación del sector energético nacional [8,9]. A pesar de esto la capacidad de generación eléctrica solar fotovoltaica creció notoriamente.

La primera planta solar fotovoltaica de alta potencia que se puso en funcionamiento en Argentina fue “San Juan I” en la localidad de Ullúm en la provincia de San Juan en el año 2010 con una capacidad instalada de 1,2 MW.

En 2012 se inauguró una planta de 2 MW en “Cañada Honda I”, San Juan y en un predio contiguo en 2013 una segunda planta “Cañada Honda II” de 3 MW. Por último también en San Juan está emplazada la planta “Chimbera I” con una capacidad de 2 MW. Estas tres plantas fueron realizadas en el marco del programa GENREN.

En mayo de 2016 el Ministerio de Energía y Minería (MINEM) a través de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) en el marco de la ley 27191 da inicio al Programa RenovAr en su versión Ronda 1, licitando a nivel nacional e internacional 1000 MW de energías renovables de las cuales 300 MW correspondían a energía solar fotovoltaica [10]. De los 29 proyectos aprobados por un total de 1143 MW, 4 correspondieron a energía solar fotovoltaica.

Posteriormente a la adjudicación de estos 29 proyectos el MINEM en 2017 lanzó una segunda etapa denominada Ronda 1.5, licitando 600 MW. Se recibieron 47 ofertas por 2486 MW de los cuales 925 MW correspondían a energía solar fotovoltaica. Fueron seleccionados 30 proyectos equivalentes a 1280 MW siendo 20 proyectos de energía solar por un total de 516 MW [11].

Ante los buenos resultados de las dos primeras versiones del Programa RenovAr en el transcurso de 2017 se lanza la Ronda 2.0 con 1200 MW previstos. Las ofertas se dieron a conocer en noviembre de 2017 llegando a 228 proyectos (99 de energía solar) por 9.391,3 MW (5.290,6 MW para energía solar), adjudicándose finalmente 66 proyectos (12 de energía solar) por el equivalente a 1.408,7 MW de los que correspondieron 556,8 MW a energía solar fotovoltaica [12]. En lo que sería la última etapa, denominado Ronda 2.5 el MINEM adjudicó 22 proyectos que quedaron fuera del Ronda 2.0 por acotados márgenes de precios. De esas adjudicaciones 5 correspondieron a parques de energía solar fotovoltaica por 259,5 MW.

4. EL MARCO LEGAL EN ARGENTINA.

En relación a la legislación, la energía fotovoltaica se encuentra incluida en aquellas leyes que tratan la generalidad de energías renovables.

En Argentina, las siguientes leyes están dirigidas a esta temática:

- Ley 26190/2006
- Ley 27191/2015
- Ley 27424/2017

Se realizará a continuación una breve síntesis de cada una de ellas.

La ley 26190/2006, fue aprobada en diciembre del 2006 y publicada en enero del 2007 bajo el título de “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”

Esta ley estableció que el abastecimiento nacional de energía eléctrica, debía alcanzar un 8% de generación con energía renovable para el 31 de diciembre de 2017, el ámbito de aplicación es nacional y se propone promover la realización de emprendimientos para la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

La misma unifica terminología, potencias, criterios. Establece que será el poder ejecutivo

Quien designe al autoridad de aplicación, las políticas públicas destinadas a promover la inversión en relación

En relación a las política, establece promover la inversión es el campo de las energías renovables, generar un Programa Federal destinado al desarrollo de aspectos tecnológicos, productivos, económicos y financiero para cumplir con la meta establecida. AL mismo tiempo coordinar con Universidades e Institutos de Investigación el desarrollo de tecnologías, celebrar acuerdos de colaboración internacional, promover la capacitación de RRHH

Establece la promoción de un Régimen de Inversiones para la construcción de obras nuevas destinadas a la producción de energía eléctrica, generada a partir de fuentes renovables. Establece quienes serán los beneficiarios (personas físicas y jurídicas inversionistas y concesionarios de obras nuevas de producción de energía generada a partir de fuentes renovables) y cuales los beneficios, los que en general están ligados a beneficios tributarios.

Por último establece las asignaciones del fondo fiduciario de energías renovables.

La ley 27191 fue sancionada en septiembre del 2015 y promulgada en octubre del mismo año.

Fundamentalmente debe interpretarse como una segunda etapa de la ley 26190. En el primer capítulo se tratan las modificaciones a la ley 26190, en relación a los objetivos, los alcances, las terminologías, las energías primarias aceptadas, límites de potencias, beneficiarios y beneficios del Régimen de Fomento Nacional.

El Capítulo II, establece los nuevos objetivos de producción de energía eléctrica a partir de renovables, los nuevos beneficios para el período 1-2018 al 12-2025; el Capítulo III Crea el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER) cuyo objetivo es el otorgamiento de préstamos destinados a la ejecución de proyectos de infraestructuras en emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Determina quienes son los beneficiarios del fidecomiso, el aporte de los recursos, la autoridad de aplicación, y los instrumentos para el cumplimiento del objeto.

La ley establece la escala de crecimiento de la generación de energía eléctrica a partir de las energías renovables, los generadores que quedan exceptuados del crecimiento, la penalidad por el incumplimiento.

Adicionalmente establece los incrementos fiscales que podrán aplicar a los precios, el régimen de importaciones de equipos y partes de los sistemas y cuestiones de operativas técnicas referidas al tratamiento de generaciones intermitentes,

En lo referente a la ley 27424, esta ley es la conocida como ley de generación distribuida, específicamente “Ley de Fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública”.

Esta ley fue aprobada en Noviembre del año 2017, y reglamentada en Noviembre del año 2018. En el Capítulo I define objetivos, conceptos, derechos y requerimientos de los usuarios.

La 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.

Define conceptos técnicos a aplicar como por ejemplo Balance Neto de la facturación, Energía demandada, Energía inyectada, los organismos de regulación, control, los prestadores, los equipos de generación, los de medición, los tipos de energía, el concepto de energía distribuida, prestador, usuario generador. Define los derechos de los usuarios, los requerimientos al usuario.

En el Capítulo II, se establecen las autorizaciones necesarias para la conexión al sistema, y el procedimiento básico para realizarla.

En el Capítulo III, se describe el esquema de facturación, los requerimientos necesarios para el mismo, el tiempo máximo de liquidación por parte del distribuidor, el caso de consorcios, la metodología de acreditación.

En el Capítulo IV se definen las autoridades de aplicación competente para cada subsistema, las técnicas, las económicas, las financieras.

El Capítulo V crea el fondo fiduciario para la generación de energías renovables (FODIS), sus objetos, la autoridad de aplicación, su financiamiento, los instrumentos de aplicación.

El Capítulo VI define las promociones para incentivar este tipo de generación.

El Capítulo VII establece el régimen de fomento FANSIGED, establece los plazos de validez, su finalidad y financiamiento.

Por su parte, y previa a la ley Nacional de Generación distribuidas, y dada la necesidad existente, las siguientes provincias disponen de legislación y resoluciones: [13]

Santa Fe	Res. EPE 442/10/2013
Salta	Ley 7824/14 Res. 1315/14
Mendoza	Ley 7549/2006 Res. EPRE 019/2015
San Luis	Ley IX-0921-2014
Neuquén	Ley 9412/2016
Misiones	Ley XVI-N°118
Tucumán	P.L. 93/ 2016
Rio Negro	Res. EPE /2017

5. CONCLUSIONES.

Comparando la matriz energética argentina con los casos de países centrales e incluso países de América Latina como Brasil, Chile, México y Uruguay entre otros, es notorio el atraso en cuanto a la participación de las energías renovables en dicha matriz.

El potencial del recurso solar y la disponibilidad de vientos existentes en el territorio argentino junto con el fuerte consenso en apoyar y fomentar proyectos de inversión que contribuyan a disminuir los efectos adversos del cambio climático, impulsaron la implementación de políticas públicas dentro de las que podemos mencionar la Ley 26.190 (Régimen de fomento al uso de fuentes renovables), su continuidad en la Ley 27.191, la Ley 27.424 (Generación distribuida) y los diversos Programas implementados desde el año 2000 en adelante entre ellos PERMER, GENREN y RenovAr generaron un cambio de tendencia en la proporción con la que participan las energías renovables en la composición de dicha matriz.

La implementación del PERMER registra una gran participación de sistemas de generación solar fotovoltaica, en ellos encontramos una alta proporción de componentes importados, debido a que las celdas, si bien son ensambladas por empresas argentinas, son producidas en Asia debido a la economía de escala.

Otros programas de escala mayor, como el GENREN y el RenovAr, propendieron a la instalación de centrales de alta potencia de fuentes renovables que hicieron aumentar notoriamente la capacidad de generación fotovoltaica en la Argentina.

Las leyes mencionadas están aportando al desarrollo de la generación de electricidad a partir de fuentes renovables y a la vez contribuyeron con herramientas que fomentan la industria nacional del sector. Igualmente importante será el monitoreo de la evolución de dicho sector para acompañar su desarrollo procurando disminuir la proporción de componentes importados. En ese sentido puede destacarse la iniciativa de la provincia de San Juan al crear una empresa (EPSE) que será la primera en fabricar paneles solares íntegramente argentinos.

6. REFERENCIAS.

- [1] Becquerel, A. E. (1839). “*Mémoire sur les effets électriques produits sous l’influence des rayons solaires*”. Comptes Rendus 9, 561-567.
- [2] Plá, Juan; Perez, M. D.; Durán, J. C.. (2016). “. “Energía solar fotovoltaica”, Capítulo 1 del libro “Energía Solar”. Ed. M.A.Laborde y R.J.J.Williams, 1ª edición especial CABA. ANCEFN (Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales).
- [3] Moragues, Jaime, A. (2017). “¿Cómo fueron las políticas nacionales en energías renovables de los últimos 40 años?”. *Energía Estratégica*. <https://iresud.com.ar/como-fueron-las-politicas-nacionales-en-energias-renovables-de-los-ultimos-40-anos/#>
- [4] Secretaría de Ciencia y Técnica. (1988). *Programa Nacional de Investigaciones en Energía no Convencional – Resúmenes de Proyectos 1985-1988*. Buenos Aires. Primera edición. Editorial SeCyT. Ciudad de Bs. As.
- [5] Moragues, Jaime, A. (2018). “Presente y Futuro de las Energías Renovables no Convencionales”. *Revista Ciencia e Investigación - Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. Tomo 68 número 1, páginas 5 a 28*. <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/03/tomo68-1/1-Moragues-cei68-1-2.pdf>
- [6] Di Caro, Carlos, A.; Perahia, Raquel; Arbore, Luciano. (2017). “Proyecto de energías renovables en mercados rurales”. *Revista Argentina de Ingeniería. Año 5, Volumen9, páginas 52 a 65*.
- [7] MINEM (2019). “PERMER, Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales”. <https://scripts.minem.gob.ar/octopus/archivos.php?file=8005>
- [8] Fernández, C. (2010). “Energías renovables en Argentina: el caso de la energía eólica y sus avances en materia regulatoria”. XVI Jornadas de Epistemología de las Ciencias Económicas, vol. 8. UBA: Buenos Aires.
- [9] Boyadjian, C. (2013). “¿GENREN fracasó? Pobre performance del plan de ENARSA”. Mining Press, <http://www.miningpress.com/nota/249058/genren-fracas-pobre-performance-del-plan-de-enarsa>
- [10] Fenés, G. (2016). “El acto de presentación de las ofertas de la licitación de energías renovables”. *Energía Estratégica*. Recuperado de <http://www.energiaestrategica.com/el-acto-de-presentacion-de-las-ofertas-de-la-licitacion-de-energias-renovables/>
- [11] KPMG. (2018). “Efectos de la implementación de RenovAr”. *Evolución de las energías renovables en Argentina. Energía y Recursos Naturales*. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ar/pdf/kpmg-informe-especial-situacion-de-las-energias-renovables.pdf>
- [12] MINEM. (2017). “Ofertas Adjudicadas RenovAr-Ronda 2”. *Boletín Subsecretaría de Recursos Renovables*. Ciudad de Buenos Aires.
- [13] Plá, Juan, A.; Bolzi, C.; Durán, J. C. (2018). “Energía Solar Fotovoltaica. Generación Distribuida Conectada a la Red”. *Revista Ciencia e Investigación - Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. Tomo 68 número 1, páginas 51 a 64*.

Ejes para el Desarrollo de la Trama Productiva de Equipamiento Eólico de Alta Potencia

Neuman, Marcelo*, Malco Jorge, Nicolini Jorge

**Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento,
mneuman@campus.ungs.edu.ar*

RESUMEN

El estudio busca identificar ejes para el desarrollo de la industria nacional de equipamiento y componentes para generadores de energía eólica de alta potencia. Se presentan los avances y primeras conclusiones del proyecto de investigación iniciado en el año 2018 referido a: Estrategias para el Desarrollo de la Trama Productiva de Equipamiento Eólico de Alta Potencia. El proyecto se realiza entre la Universidad Nacional de General Sarmiento y la Cámara de Industriales de Proyectos de Ingeniería y de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPIBIC) que agrupa las empresas de capital nacional fabricantes de equipamiento eólico de alta potencia y solar fotovoltaico, entre otras empresas industriales. Dentro de CIPIBIC se encuentra el Clúster Eólico Nacional que congrega a las empresas que se dedican a la ingeniería y fabricación de equipos eólicos. Se ha optado por una metodología de investigación cualitativa instrumentada a través de entrevistas en profundidad con los distintos grupos de interés, básicamente fabricantes, desarrolladores y sus asociaciones, representantes del gobierno en el poder ejecutivo y legislativo, asociaciones civiles y de estudio en la temática y organismos técnicos vinculados.

Palabras Claves: Energía eólica, Marcos regulatorios, Cadena de Valor,

ABSTRACT

The study seeks to identify guidelines for the development of local wind power generators and their components for the wind energy industry. Preliminary conclusions of the research project initiated in 2018 are presented, referring to strategies for the development of wind energy equipment. The research project is developed by the National University of General Sarmiento and the Chamber of Industrial Projects of Engineering and Capital Goods of Argentina (CIPIBIC), which groups local wind equipment manufacturing companies, among others companies. Within CIPIBIC is the National Wind Cluster that brings together companies that focus on the design and manufacturing of wind energy equipment. The research team opted for a qualitative research methodology implemented through in-depth interviews with stakeholders, manufacturers, developers and their associations, government representatives in the executive and legislative branches, civil associations and related technical bodies.

1. INTRODUCCION

Los objetivos específicos del proyecto de investigación son:

- a) Profundizar el estudio de los antecedentes y trabajos previos disponibles y relacionados con el tema a nivel nacional e internacional, incluyendo también aspectos técnicos relevantes del equipamiento de los aerogeneradores y su cadena de valor.
- b) Profundizar el análisis del Plan RenovAr y su impacto en el desarrollo de la industria local.
- c) Identificar y generar los contactos y accesos a los distintos grupos de participantes que puedan contribuir al desarrollo del proyecto de investigación.
- d) Realizar entrevistas en profundidad con los distintos grupos de interés / participantes: empresas fabricantes de equipamiento y desarrolladores de parques eólicos de alta potencia, asociaciones empresarias, autoridades del Poder Ejecutivo y Legislativo, asociaciones civiles e institutos de estudio de la temática y organismos de investigación y certificación.
- e) Identificar las herramientas de políticas vigentes más relevantes que promuevan el proceso de sustitución de importaciones, las inversiones y el agregado de valor.
- f) Identificar ejes de política pública que ayuden a fomentar la tecnología local.

2. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

En un estudio realizado por el *International Renewal Energy Agency* (IRENA) [1] se comenta que cada país posee un conjunto diferente de recursos naturales, distintos sistemas eléctricos de potencia, diferentes economías, regulaciones y normativas de planificación, y distintos requerimientos de desarrollo. Y que, en este sentido, está claro que no hay un único método que sirva para todos de manera de maximizar la contribución del viento de la forma más eficiente y económica. Sin embargo, el documento sostiene que, desde la perspectiva industrial hay un conjunto de condiciones que deben ser cumplidas para atraer a las inversiones, aun cuando estas puedan ser alcanzadas de distintas maneras. Las dos más importantes de estas son: una clara señal por parte del gobierno, acerca de la intención de desarrollar la energía eólica, y la claridad y estabilidad del marco político y regulatorio a través del cual los fabricantes, los desarrolladores de proyectos, los operadores de los sistemas, los generadores y los inversores deben operar. Si estas condiciones son suficientes, luego la mayoría de las restantes se acomodarán en su lugar; si estas condiciones no existen, entonces el camino será dificultoso.

El documento de IRENA analiza y reúne las experiencias de 12 países en su camino para desarrollar la explotación de la energía eólica. El objetivo del reporte es proveer un análisis de las fortalezas del diseño de políticas decisoras, a través de los importantes mercados existentes. A su vez identifica y revisa políticas y medidas regulatorias significativas que contribuyeron al desarrollo exitoso de la energía eólica a través de los más importantes mercados en Asia, Europa, América del Norte y América del Sur. La lista de los países estudiados la constituyen Brasil, China, Dinamarca, Alemania, Grecia, India, Irlanda, Italia, Portugal, España, Reino Unido y Estados Unidos.

El informe aclara que la perspectiva de la industria es importante para este ejercicio. El reporte fue desarrollado en conjunto con el Concilio Global de Energía Eólica (de las siglas en inglés GWEC), la Organización Internacional de intercambio para la industria de la energía eólica. Esta Organización está conformada por más de 1500 empresas, organizaciones e instituciones de más de 70 países, incluyendo fabricantes, desarrolladores, proveedores de componentes, institutos de investigación, asociaciones nacionales de energías eólicas y renovables en general, y compañías financieras y de seguros.

La estructura del análisis se basa en que el marco político y regulatorio trata de encontrar un balance entre las necesidades del país para i) la seguridad energética, ii) las oportunidades de crecimiento económico y iii) el impacto en el medio ambiente y costos de todos los tipos seleccionados. Este análisis se origina en el estudio, a través de 30 años de experiencia, de los aspectos fundamentales del crecimiento basado en las políticas, las condiciones de implementación, y una estructura propia para generar un marco común de estudio de los distintos casos. Dentro de las condiciones generales de implementación, el informe menciona siete criterios particulares mencionados como críticos para el desarrollo de la energía eólica. Estos siete criterios se enuncian a continuación:

1. Expresión del compromiso político del gobierno.
2. Estado de derecho eficaz y transparente, como así también su proceso de administración.
3. Estructura de precios clara y eficaz; y un sector financiero en funcionamiento.
4. Acceso a la red, con precisiones para el acceso prioritario a la red eléctrica y disponibilidad de conexión y facilidad de acceso a la red para los parques eólicos y solares.
5. Estrategia de gobierno dirigida a la industria y a los usuarios para la aceptación pública y la toma de conciencia.
6. Estrategia de desarrollo industrial y empleo.
7. Sector financiero en funcionamiento.

El trabajo luego describe algunos de los elementos comunes que se encontraron en la mayoría de los mercados. Por ejemplo, en once de los doce casos estudiados los gobiernos identificaron objetivos nacionales y establecieron planes para energías renovables. Esto fue importante durante el proceso de sensibilización y una fuerte señal de largo plazo para los inversores. También comenta que en varias oportunidades fue necesario sostener las fuentes de energía renovable a través de incentivos o subsidios, pero que de ningún modo esta condición es suficiente. En algunos casos se crearon ministerios específicos para energías renovables (por ejemplo, en Alemania el BMU o en India el MNRE), y fueron los responsables de delinear la legislación, tomando el rol de interlocutor con los otros ministerios y departamentos en cuestiones de energías renovables. Describe que la sensibilidad social y el involucramiento de las comunidades generalmente resulta un factor exitoso en la etapa de desarrollo del plan.

Aclara también, que se observaron diversas estrategias para la creación de valor local, como por ejemplo incentivos impositivos en Dinamarca, programas estatales de I + D (en Alemania e India, con acuerdos con Dinamarca), que estimularon el desarrollo y demanda de tecnologías en energías renovables, durante la iniciación de los procesos. En períodos posteriores, con la tecnología más madura, en otros países como China, Brasil, Portugal y España, se usaron combinaciones de incentivos de mercado con requerimientos de contenido local. En este sentido es importante aclarar que mercados como el brasilero requiere en forma reiterada la integración de fabricación y soporte local en este tipo de implementaciones tecnológicas. El principal propósito de desarrollar la capacidad de fabricación es la de maximizar el beneficio local, asegurando precios razonables, lo cual requiere cierto nivel de competitividad. Para ser exitosos en la creación de una cadena de valor local, la demanda regional y las oportunidades de crecimiento deben ser grandes y relativamente estables para asegurar un suministro sostenido de partes y equipamiento de producción nacional.

El informe analiza las distintas regiones geográficas del mundo. En la parte sobre Latinoamérica manifiesta que Brasil lidera este mercado en energías renovables. Agrega que Argentina instaló en el año 2011 79 MW, que representaba la duplicación de la capacidad instalada para ese entonces. Con sus excelentes recursos eólicos, Argentina podría constituirse en un gran mercado.

3. ENERGÍA EÓLICA DE ALTA POTENCIA EN ARGENTINA

El desarrollo de la energía eólica de alta potencia puede explicarse a partir del marco regulatorio aplicado sobre las energías renovables en Argentina. Se identifican tres periodos donde intervienen diferentes marcos normativos con resultados diversos respecto a las inversiones y los logros productivos y tecnológicos.

3.1 Período 1994 – 2002

A partir de la instalación del primer parque eólico ubicado en Comodoro Rivadavia (Chubut) en el año 1994, el primer régimen nacional para energía eólica y solar fue establecido por la ley N° 25019 en el año 1998 donde se estimulaba la generación de energías renovables asegurando un precio en Kwh de energía eólica y solar por encima al existente en el mercado por un determinado período (*feed in tariff*). Se utilizaban adicionalmente instrumentos de política fiscal, como por ejemplo la posibilidad de diferir por un periodo de 15 años las sumas correspondientes al Impuesto al Valor Agregado (IVA) sobre las inversiones de capital.

Sin embargo, esta ley no dio los resultados esperados. En el periodo 1994/2002 las inversiones resultaron en una capacidad instalada de 28,88 MW eólicos, además la mayoría de las instalaciones no entraron formalmente al sistema interconectado, sino que destinaban la electricidad generada a la red de distribución local. Los incentivos otorgados por la regulación no mejoraban la competitividad de las centrales para vender la energía al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) [2]. Las inversiones realizadas se concentraron en general sobre proyectos pequeños (una cantidad de 45 aerogeneradores en total, con una potencia media de 0.63 MW en cada equipo) operados por cooperativas eléctricas en cinco provincias. Todos los equipos instalados fueron de origen extranjero [3].

3.2 Período 2008 – 2016

Uno de los intentos para lograr una diversificación en la matriz energética fue el lanzamiento del Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica en el año 2005, cuyo objetivo fue impulsar el desarrollo de infraestructura de generación eléctrica del país a partir de la energía eólica y promover la producción industrial argentina. Este Plan incluía la confección de un mapa Eólico Nacional y la instalación de 300 MW de potencia en diversos puntos del territorio argentino para el año 2012. Desde el aspecto legislativo, en diciembre del año 2006 se sancionó la Ley N° 26.190 “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinadas a la Producción de Energía Eléctrica”. Esta Ley declaró de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables, y estableció como objetivo alcanzar una contribución del 8% del consumo de

electricidad nacional para que sea abastecido por energías renovables en un plazo de diez años a partir de su vigencia. En el marco del régimen de inversiones, daba prioridad para aquellos proyectos que favorecieran la creación de empleo y una integración con bienes de capital de origen nacional. La ley trató de mejorar los instrumentos de promoción establecidos en la ley anterior pero el atraso de su reglamentación fue un obstáculo importante para el sistema de incentivos, dado que la ley se reglamentó casi tres años después mediante el Decreto N° 562 del año 2009 [4].

Para generar un nuevo impulso a las energías renovables el entonces Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios formalizó el programa GENREN (Generación Eléctrica a partir de Energías Renovables) instruyendo a ENARSA (Energía Argentina S.A.), creada bajo la forma jurídica de una sociedad privada estatal, a que llevara adelante la licitación, adjudicaba los proyectos y adquiriera la energía generada por el programa. En los hechos, actuaba como un intermediario entre las empresas de generación y el comprador final, CAMMESA. La licitación tenía como objetivo cumplir con la meta del 8% del consumo total de energías renovables antes del año 2016 según la Ley N° 26190. Para el caso de la energía eólica, la potencia a contratar según el pliego fue de 500 MW, de un total licitado de 1.015 MW entre todas las fuentes renovables.

El sistema propuesto fue el de subastas, por el cual a las ofertas más convenientes en cuanto a precio por MWh generado y que cumplieran con los requisitos técnicos especificados en la licitación, se les adjudicaría un contrato de compra de toda la energía producida por un período de 15 años. Todas las centrales debían ser instaladas en el sistema interconectado y los módulos en conjunto debían tener una potencia de 1 MW a 50 MW. Uno de los puntos importantes para la evaluación de las ofertas fue que los equipos y materiales que formasen parte de las centrales generadoras debían ser mayormente fabricados o ensamblados en el país, conforme a los criterios del Régimen de Comercio Exterior Argentino. El incumplimiento del porcentaje del componente local de la obra denunciado, sería plausible de una penalidad de 50 mil dólares por cada MW ofertado, multiplicado por el porcentaje de desviación, o en su caso la rescisión del contrato según el grado de incumplimiento evidenciado [4].

Sobre 500 MW licitados en energía eólica, hubo una oferta de 1.000 MW. En julio del 2010 se publicó el resultado de la licitación, de la cual resultó que se adjudicaron 754 MW en energía eólica, lo que implicaba el 80% del total de energía licitada. Sin embargo las inversiones reales que se dieron a partir de la licitación GENREN fueron de 128,5 MW, tan solo el 17% del total aprobado. Como contrapartida se registraron otras inversiones no contempladas en el Programa GENREN de 70 MW y donde hubo una importante participación del Estado nacional a través de ENARSA y de los estados provinciales. Estas inversiones fueron realizadas a partir de la Resolución N°108/2011 de la Secretaría de Energía que habilitó a CAMMESA a contraer nuevos contratos de abastecimiento [5].

En este período intervinieron dos fabricantes nacionales (IMPESA y NRG Patagonia) quienes con la colaboración de ENARSA y de gobiernos provinciales instalaron sus equipos en parques eólicos situados en las provincias de La Rioja, Santiago del Estero y Chubut. La fabricación nacional de aerogeneradores implicó una potencia instalada de 61.4MW distribuidos en treinta generadores. Los proyectos comprendidos en el programa GENREN fueron de mayor envergadura que en el período anterior con una potencia media del aerogenerador de 2 MW. Sin embargo, de todos los proyectos aprobados en la licitación solo iniciaron operaciones dos parques eólicos con 130 MW de potencia instalada. Otros siete parques (445 MW) interrumpieron sus obras con el objeto de firmar el contrato de venta de energía con CAMMESA con el nuevo marco regulatorio en el tercer período que se comenta a continuación.

En el año 2013, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva ofreció un esquema de apoyo específico para el sector eólico que también proveía financiamiento: "FITS 2013 Energía – Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia" con la financiación de seis consorcios público - privados con el objetivo de desarrollar capacidades de fabricación y mejoras en los procesos

de producción de aerogeneradores. Esta política tecnológica fue un hito muy interesante, dado que se trataba de desarrollar capacidades tecnológicas autóctonas en un sector de conocimiento intensivo. Los resultados obtenidos por esta política fueron parcialmente aprovechados en el período siguiente. Como resumen de ambos períodos la potencia instalada total fue de 226.2 MW con 143 aerogeneradores. A diciembre de 2017 se contabilizaban 33 aerogeneradores (33 MW) fuera de servicio [6].

3.3. Período 2016 – Actualidad – Programa RenovAr

El Régimen de Fomento para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica se puso en marcha con la Ley 26190, pero tuvo su impulso definitivo con la Ley 27191/2015, en la que se establece el objetivo de que el 20% de la energía

eléctrica consumida en el país proviniera de energías renovables para el año 2025, dando lugar a las sucesivas licitaciones del Programa RenovAr, que actualmente son el principal instrumento de fomento de las energías renovables.

El programa RenovAr se inició en junio de 2016 por la Dirección Nacional de Promoción de Energías Renovables del Ministerio de Energía y Minería (MEyM). Este programa es el resultado de un conjunto de normativas en las que se viene trabajando desde el año 2006 cuando se promulgó el Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Desde principios de 2016, se llevaron a cabo cuatro rondas licitatorias del Programa RenovAr (Ronda 1, Ronda 1,5, Ronda 2 y Ronda 3 o MiniRen). Se readecuaron contratos (Resolución 202/2016) que habían tenido dificultades de financiamiento durante el marco normativo en la administración anterior y no se habían construido, y además se puso en marcha un marco regulatorio específico para la contratación de energía eléctrica de fuentes renovables entre grandes usuarios industriales y comerciales y generadores y comercializadores denominado Mercado a Término (MATER).

La siguiente tabla 1 sintetiza la potencia adjudicada hasta septiembre de 2018 según los distintos marcos normativos, se excluye la reciente adjudicación en la ronda RenovAr 3 – MiniRen que se comenta a continuación.

Tabla 1. Potencia adjudicada en Energía Eólica a Septiembre 2018. [7]

	Potencia Adjudicada o Asignada (MW)	PROYECTOS: ENERGÍA EÓLICA		
		TOTAL	EN OPERACIÓN	EN CONSTRUCCIÓN
RONDA 1	707	12	2	5
RONDA 1.5	765	10	-	8
RONDA 2	993	12	-	1
Resolución 202/2016	445	7	-	7
MATER	877*	22	1	9
TOTAL	3787	63	3	30

* Se adiciona lo adjudicado en septiembre de 2018.

En Septiembre de 2018, la Subsecretaría de Energías Renovables presenta la Ronda 3 del programa RenovAr conocida como MiniRen que ofrece 400 MW de potencia en todo el país, para ser conectados en redes de media tensión de 13,2 kV, 33 kV y 66 kV. La potencia máxima permitida por proyecto será de 10 MW, mientras que la mínima de 0,5 MW. La distribución por tecnología será de 350 MW para eólica y solar fotovoltaica, que competirán juntas con cupos por regiones y provincias. El cronograma de la Ronda 3 comenzó en octubre del año 2018 con la publicación de los pliegos, y continuó en marzo 2019 con el período de presentación de ofertas, el proceso de calificación, adjudicación y firma de contratos en agosto de 2019. En total se adjudicaron 38 proyectos con una potencia de 259 MW, en tecnología eólica fueron adjudicados 10 proyectos con un total de 128,7 MW.

El régimen MATER, tiene como objetivo reglamentar un mecanismo de compra de energía eléctrica que permita la adquisición de energía por libre acuerdo entre las partes, para que los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista, con demandas de potencia iguales o mayores a 300 kW, tengan una alternativa para adecuarse a la Ley 27.191 por cuenta propia y no necesariamente como parte de la compra conjunta, instrumentada en el Programa RenovAr [7]. Las primeras licitaciones y los resultados obtenidos del plan RenovAr muestran que el proceso está marcando un antes y un después en el sector, ya que si todos los proyectos presentados se realizan efectivamente, para el año 2019 se contaría con 2,4 GW de potencia instalada, multiplicando por 10 la capacidad de generación preexistente. Además, en las sucesivas rondas se busca incrementar a lo largo del tiempo el porcentaje nacional de partes y piezas que componen el aerogenerador, comenzando por aquellas de menor sofisticación tecnológica como las torres eólicas. No hubo presentaciones de fabricantes locales de aerogeneradores siendo la empresa Vestas (Dinamarca) la que más equipos vendió en las rondas licitadas [5].

4. LA INTEGRACIÓN DE PROVEEDORES LOCALES A LA CADENA DE VALOR DE LA ENERGÍA EÓLICA DE ALTA POTENCIA

La participación de empresas líderes globales en el ensamble de aerogeneradores en las licitaciones de RenovAr permitieron integrar en parte una cadena de valor eólica con la participación de algunos proveedores locales. La energía eólica experimenta una expansión global y la mayoría de los fabricantes se han expandido a nuevos mercados [8]. Las empresas europeas Vestas, Enercon, Siemens, Gamesa y Nordex han aumentado el número de mercados atendidos siendo uno de ellos el de la Argentina. Los fabricantes de aerogeneradores se constituyen así en el principal eslabón de la cadena y pueden traccionar y activar toda una cadena de proveedores especializados.

4.1 Segmentación de la Cadena de Valor de un Parque Eólico

Las etapas que intervienen en un proyecto de parque eólico pueden clasificarse en tres fases distintivas:

Desarrollo del proyecto, Instalación y Operación del parque (Figura 1).

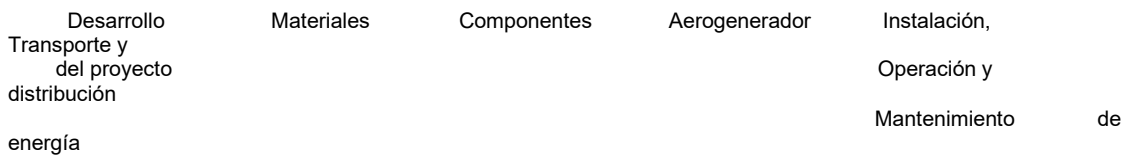


Figura 1 Cadena de valor de un generador eólico (adaptado de [9])

Los proyectos incluyen dos elementos principales: los aerogeneradores, que generalmente son suministrados por el fabricante conocido también como OEM (*Original Equipment Manufacturer* – fabricante del equipo original) y el denominado balance de planta (BOP – Balance of Plant) que incluye a toda la infraestructura requerida para el funcionamiento del parque, como obras civiles, fundaciones y equipos necesarios para la conexión a la red eléctrica, tales como: transformadores, subestación, líneas de media/alta tensión hasta el punto de conexión a la red de energía eléctrica. El balance de planta es provisto por compañías muy diversas, incluyendo a consultores, constructoras, fabricantes de equipamiento eléctrico y otras [8]. Los servicios asociados al desarrollo del proyecto eólico comprenden la selección del emplazamiento y la identificación del recurso eólico. Otras actividades se corresponden con los aspectos legales referidos al arrendamiento de la tierra y el conocimiento y acuerdo con las disposiciones provinciales y nacionales vigentes.

El aerogenerador es considerado el elemento crítico del sistema, pues representa generalmente más del 60% de la inversión de un parque eólico y comprende el suministro de materiales, fabricación de componentes, subcomponentes, ensamble y montaje del equipo como una unidad dentro del grupo de aerogeneradores que integran el parque eólico. Constituye una cadena de valor por sí misma por la complejidad que representa y la cantidad de partes que lo integran. Cada componente del aerogenerador presenta características y desafíos tecnológicos específicos, así la gestión de la cadena de valor es clave para la fabricación del equipo. Las relaciones entre los OEMs y sus proveedores son cruciales ya que la mayor demanda ha requerido tiempos de producción y de entrega más rápidos con mayores inversiones en un sector en rápido crecimiento. Los fabricantes tratan de lograr el equilibrio más sostenible y competitivo entre una integración vertical del suministro de componentes y la externalización de componentes para adaptar sus diseños de aerogeneradores.

Estas tendencias de adquisición dan lugar a estructuras de mercado únicas para cada segmento de componentes, lo que subraya la complejidad del diseño y la fabricación de los aerogeneradores. Los OEMs, son el último eslabón de la cadena de valor del aerogenerador y los productores finales de las marcas que representan, en consecuencia son las empresas líderes que desempeñan el rol central en la coordinación de las redes de producción (incluyendo sus vinculaciones hacia atrás y hacia delante de la cadena). Esta descripción es característica de las industrias de capital y de tecnologías intensivas tales como la energía eólica de alta potencia [10]. El fabricante de aerogeneradores, o tecnólogo, dispone de la capacidad técnica para realizar internamente el diseño y desarrollo del producto, ejerce el control sobre la integración de los componentes, el funcionamiento y rendimiento del aerogenerador [11]. Establecen relaciones con proveedores a diferentes niveles, los proveedores de nivel 1 son productores de sistemas que se incorporan en el bien final, como por ejemplo el generador, inversor, la caja multiplicadora y los equipos de control electrónico. Los proveedores de nivel 2 son fabricantes de componentes principales, como palas, góndolas, ejes y bujes y transformadores. Los proveedores de nivel 3 fabrican componentes genéricos, como las torres en el sector eólico. Los fabricantes de nivel 4, por su parte, proveen materiales, como metal para forja y fundición, materiales plástico, o componentes genéricos para equipos eléctricos.

Según IRENA Wind [12] se identifican a algunos componentes como críticos en la cadena de suministros como el rotor, palas, rodamientos y la caja multiplicadora. Estos componentes tienen altas barreras de entrada por el tamaño de la inversión requerida y los tiempos de entrega solicitados por el fabricante. Así, el *know-how* tecnológico que implica la fabricación de estos componentes hace que su fabricación sea considerada como estratégica. Por ello, estos componentes se producen en las instalaciones de la empresa OEM o se subcontratan a proveedores altamente especializados. Al mismo tiempo, otros componentes como sistemas de control, generadores, fundiciones y fabricantes de torres tienen barreras de entrada más bajas, con un mayor número de proveedores. La fundición, forja y otros procesos básicos de manufactura

normalmente se subcontratan a múltiples proveedores. Estos proveedores en muchos casos trabajan también para otras industrias.

La etapa de transporte de los diferentes componentes que integran el aerogenerador hasta el emplazamiento del parque eólico para su ensamble final y montaje representa por su lado un desafío logístico ya que requiere el movimiento de piezas con formas especiales, superficies, volúmenes y peso importantes. Generalmente la góndola, las palas y la torre de la turbina se transportan desde la planta de fabricación directamente al sitio de construcción del parque eólico. La conexión a la red de la turbina eólica requiere de instalaciones adicionales como la subestación colectora y líneas de media y alta tensión hasta el punto de conexión. Las actividades de operación y mantenimiento se prolongan a lo largo de todo el ciclo de vida útil del parque eólico. El mantenimiento incluye el mantenimiento preventivo y predictivo, y se corresponde con la planificación de los servicios de prevención (inspecciones periódicas de los equipos, calibración de los sensores electrónicos, limpiezas de palas) así como los servicios orientados a reparar el mal funcionamiento de los componentes donde algunos de ellos como el generador y la caja de multiplicadora pueden presentar fallas en su funcionamiento, no frecuentes pero costosas para su reparación.

4.2 Proveedores Nacionales en la Cadena de Valor

Distintos factores tecnológicos y/o económicos pueden incidir en las decisiones de las empresas respecto a si les conviene producir determinados productos dentro de la organización o si los deben comprar de otras empresas. Una decisión subsiguiente es la posibilidad de subcontratar la producción de estos productos a empresas localizadas dentro o fuera del país.

En el caso de la energía eólica, el fabricante danés Vestas expresa la necesidad de localización en los mercados objetivo como el de Argentina: "la presencia local y el abastecimiento local son de gran importancia, ya sea por la proximidad a los clientes, la rentabilidad o el cumplimiento del contenido local como requisitos en la fabricación" [8]. De esta manera, empresas de diferentes tamaños, generalmente PyMEs, localizadas en distintos países intervienen en el suministro de partes o componentes del producto final, se posicionan en distintos niveles dentro de la cadena de valor y mantienen diferentes tipos de relaciones con la empresa líder. Estas relaciones determinan las posibles áreas de innovación y mejora para estas organizaciones.

La Argentina tiene un interesante recorrido en energía eólica a partir de los molinos de agua instalados en zonas rurales. En el año 1994 se instala el primer parque eólico ubicado en Comodoro Rivadavia (Chubut). Las diferentes incorporaciones de potencia se dieron bajo marcos regulatorios diferentes hasta la Ley 27191 del año 2015 vigente en la actualidad. El Programa GENREN (Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables) del año 2009 licitó una potencia de 500 MW en energía eólica y un aspecto importante para la evaluación de las ofertas fue que los equipos y materiales debían ser en su mayoría fabricados y/o ensamblados localmente. En este período se desarrollaron dos fabricantes nacionales de aerogeneradores, IMPSA S.A. y NRG Patagonia, de los cuales IMPSA S.A. fue el fabricante nacional de mayor envergadura con experiencia en instalaciones eólicas en Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay.

Con el auspicio de la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPBIC), quedó constituido el "Cluster Eólico Argentino" (CEA) en el año 2011 con el objetivo de integrar y fortalecer aquellas empresas participantes de la fabricación de equipamiento eólico en el país. Otra iniciativa fue la convocatoria del año 2013 a proyectos para el sector eólico efectuada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través del FONARSEC (Fondo Argentino Sectorial) como instrumento central para la implementación de una nueva generación de políticas públicas y poder fortalecer la vinculación entre el sector científico y tecnológico con el sector productivo. En los seis proyectos presentados participaron empresas nacionales como IMPSA, NRG Patagonia, SICA Metalúrgica Argentina y Metalúrgica Calviño que junto con diferentes organismos públicos nacionales como el INTI, Ministerio de Energía de Mendoza y varias Universidades emprendieron actividades de mejora de los procesos productivos de las firmas.

IMPSA posteriormente enfrentó problemas financieros que frenaron su sendero de desarrollo e impidieron su participación en el Programa RenovAr aunque se encuentra terminando actualmente la fabricación de aerogeneradores comprometidos en Parque Arauco (La Rioja). NRG Patagonia tampoco pudo competir en el nuevo programa al no tener financiamiento y así poder reducir el costo del proyecto [13].

El contenido local de componentes requerido para poder participar en las licitaciones de RenovAr así como la trayectoria de las empresas integrantes del Cluster Eólico Argentino permitió la calificación y homologación de varias empresas nacionales para insertarse a una cadena global de energía eólica entre ellas fabricantes de torres como SICA y Calviño. Además se instalaron plantas de ensamble de góndolas y bujes por parte de la empresa Vestas en conjunto con la empresa argentina Newsan en Zárate y de la empresa alemana Nordex Acciona en conjunto dentro de FADEA, la fábrica militar de aviones en la provincia de Córdoba.

También se han realizado asociaciones de empresas nacionales con empresas multinacionales para la fabricación de torres como son el caso de Metalúrgica Calviño con Gestamp Renewable Industries y de SICA Metalúrgica con Hayzea Wind, SICA es una empresa que desarrolló sus capacidades tecnológicas como proveedores de distintos equipos para la industria petrolera y gasífera que aún sigue proveyendo, Metalúrgica Calviño es una empresa que apalancó sus capacidades tecnológicas en el desarrollo y fabricación de equipos de elevación y estructuras metálicas pesadas y han trabajado en proyectos de centrales nucleares, hidroeléctricas y térmicas entre otros proyectos. Ambas empresas ya habían incursionado en el tema de la energía eólica antes de las rondas del Programa RenovAr y también habían participado del "FITS 2013 Energía – Desarrollo y Fabricación de Aerogeneradores de Alta Potencia", SICA para fabricar torres eólicas y Calviño para fabricar componentes de aerogeneradores. También como se mencionó previamente las empresas IMPSA y NRG Patagonia participaron en el FITS para desarrollar aerogeneradores y montar una fábrica de estos equipos en el caso de IMPSA.

Es de esperar que esta incipiente cadena de valor nacional pueda profundizarse exponiéndose e intensificando actividades basadas en el conocimiento y el valor agregado como parte de la expansión de energías renovables en el país, especialmente la eólica.

5. CONCLUSIONES

Se observa que hubo un principio de continuidad basada en los aprendizajes previos de las empresas nacionales para ingresar a la cadena de valor de la industria eólica generada a partir de la política pública implementada con la reglamentación en el año 2016 de la ley 27.191 del 2015 y el programa RenovAr, lo que se observa con las empresas SICA y Calviño. Sin embargo, el mayor tecnólogo nacional, IMPSA, no pudo aprovechar las rondas RenovAr para comercializar sus aerogeneradores que tenían una alta cantidad de componentes nacionales debido a sus dificultades financieras.

Diferentes representantes de la industria nacional indican que debido al marco normativo del Programa RenovAr y las sucesivas licitaciones, el rol de la industria local quedó relegado a ser proveedores de componentes y partes de baja complejidad tecnológica como es el caso de las torres y otros componentes que son posteriormente ensamblados por el tecnólogo extranjero y líder de la cadena global de valor [5,13].

Argentina tiene, a diferencia de otros países de América Latina, tecnología eólica propia a partir del desarrollo de aerogeneradores fabricados por IMPSA y NRG Patagonia que han sido certificados, homologados y en funcionamiento en parques eólicos. Una política industrial adecuada, vinculada con ciencia y tecnología, permitiría retomar y actualizar el sendero de desarrollo obtenido e impulsar nuevamente actividades intensivas en conocimiento.

Por otra parte el Programa RenovAr logró la instalación de dos tecnólogos de clase mundial y se va configurando una cadena de valor local que puede presentar oportunidades de progreso e intensificación en actividades con mayor valor agregado.

Las energías renovables representan actualmente el 6% de la generación de energía eléctrica en el país y la energía eólica es una de las más más relevantes, de allí la oportunidad de poder elaborar una combinación de políticas que promuevan el desarrollo tecnológico nacional y que permitan generar mayores inversiones de empresas extranjeras que ayuden a difundir conocimientos y promuevan transferencia tecnológica en áreas de vacancia en nuestra industria.

Seguramente también será necesario resolver aquellos cuellos de botella presentes en el transporte de energía ya que el sistema de interconexión argentino ha llegado a cierta saturación y que es necesario expandir para que las energías renovables y la eólica en particular sigan creciendo.

6. REFERENCIAS.

- [1] IRENA (International Renewable Energy Agency) - GWEC (Global Wind Energy Council). (2012). "30 Years of Policies for Wind Energy – Lessons from 12 wind energy markets". Emiratos Árabes.
- [2] Recalde, M. (2015). "Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina". *Problemas del Desarrollo*. 183, 46. México.
- [3] Fundación Bariloche. (2009): "Energías renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas", *REEEP-Secretaría de Energía-FB*. Argentina
- [4] Giralt, C. (2011). "Energía eólica en Argentina: un análisis económico del derecho", *Letras Verdes*, 9, 64-66. Argentina
- [5] Aggio, C. Verre, V. Gatto, F. (2018). "Innovación y marcos regulatorios en energías renovables el caso de la energía eólica en la Argentina". CIECTI. Buenos Aires. Argentina.
- [6] Agüero, J.P. (2017). "Estado eólico actual de la Argentina". *Presentación en Viento y Energía Agosto 2017. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires*. Argentina
- [7] EOS – Energía. (2018) "Estado de la industria eólica en Argentina. Avances y Perspectivas". *Publicación de Argentina Wind Power 2018 organizado por GWEC (Global Wind Energy Council)*. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Lacal-Aránzategui, R. (2018). "Globalization in the wind energy industry: contribution and economic impact of European companies". *Renewable Energy* 134. 612 – 628. Elsevier Ltd.
- [9] Vieira de Souza, L. E., Cavalcante, A.M.G. (2016). "Concentrated Solar Power Deployment in Emerging Economies: The cases of China and Brazil". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 72. 1094-1103 Elsevier Ltd.
- [10] Ferrando, A. P. (2013) "Las Cadenas Globales de Valor, los Países en Desarrollo y sus PYMES". *Instituto de Estrategia Internacional (IEI)*. Buenos Aires. Cámara de Exportadores de la República Argentina (CERA). Argentina.
- [11] Gárriz –Larrea, F.J. (2013) " Modelos de cadena de suministros de aerogeneradores onshore". *Dyna Management*. Rev. 3. España.
- [12] IRENA Wind. (2017). "Supply Chain Key to Delivery". Wind Energy, The Facts. <https://www.wind-energy-the-facts.org/supply-chain-key-to-delivery.html>
- [13] Fabrizio, R. (2019). " Hay un camino clausurado para los fabricantes locales de aerogeneradores" . *TSS (Tecnología Sur Sur)*. Universidad Nacional de San Martín <http://www.unsam.edu.ar/tss/fabrizio-hay-un-camino-clausurado-para-los-fabricantes-locales-de-aerogeneradores/>.
- [14] Roger, D. (2017), "Propuesta para el desarrollo de la industria eólica argentina. Ecosistema competitivo para el desarrollo de la industria eólica", *CIPIBIC*. Buenos Aires, Argentina.

Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería mecánica

Mina, Hector*; Bailo, Alejandro; Giordano, Emanuel

**UTN Facultad Regional San Francisco (Córdoba)
Avenida de la Universidad 501-2400 San Francisco (Córdoba)
hector.omar.mina@gmail.com*

RESUMEN

En este trabajo se presenta una implementación de la técnica de optimización topológica (OT) aplicada al diseño de elementos mecánicos. La OT es un método numérico que ha captado el interés de ingenieros y científicos en los últimos años, pues permite la síntesis de estructuras con valores óptimos de uno o varios de sus parámetros físicos. La reducción de peso en estructuras mecánicas es importante por su impacto en el ahorro de energía al reducir la inercia en máquinas y vehículos, además de la posible reducción de costos de fabricación. El estudio realiza una optimización de la topología no paramétrica de piezas, a partir de un espacio de diseño, considerando todas las cargas, sujeciones y restricciones de fabricación aplicadas, buscando una nueva redistribución de materiales dentro de los límites máximos permitidos. El componente optimizado en este trabajo cumple todos los requisitos mecánicos y de fabricación requeridos. Se comienza con el objetivo de mayor rigidez por unidad de peso para obtener una forma inicial de dicho componente. Además del objetivo de optimización, se pueden definir restricciones de diseño para asegurarse de que se cumplan las propiedades mecánicas necesarias, tales como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Palabras clave: diseño mecánico, optimización topológica, reducción de peso.

ABSTRACT

This paper presents an implementation of the topology optimization method (OT) applied to the design of mechanical elements. OT is a mathematical method that has captured the interest of engineers and scientists in recent years, since it allows the synthesis of structures with optimal values of one or more of its physical parameters. The reduction of weight in mechanical structures is important for its impact on energy savings by reducing inertia in machines and vehicles, in addition to the possible reduction of manufacturing costs. The study performs an optimization of the non-parametric topology of parts, from a design space, considering all the loads, boundary conditions, constrain and manufacturing restrictions applied, looking for a new layout of materials within the maximum limits allowed. The optimized component in this work meets all the required mechanical and manufacturing requirements. It begins with the objective of greater stiffness per unit of weight to obtain an initial form of said component. In addition to the optimization goal, design restrictions can be defined to ensure that the necessary mechanical properties, such as maximum deviation, percentage of mass removed and manufacturing processes, are met.

1. INTRODUCCIÓN

Optimización topológica (OT) es un método matemático basado en elementos finitos que se encarga de distribuir la menor cantidad de masa de material dentro de un volumen disponible (dominio) procurando al mismo tiempo la máxima rigidez posible (o mínima flexibilidad) para un determinado estado de carga (condiciones de carga) y restricciones (condiciones de contorno). En un estudio de topología, se puede establecer un objetivo de diseño para encontrar la mayor rigidez al cociente de peso, minimizar la masa o incluso reducir el desplazamiento máximo de un componente. También se puede definir restricciones como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Por ejemplo, cuando se diseña el ala de un avión se desea obtener el menor peso posible, asegurando una rigidez y una resistencia adecuadas. El problema de la máxima rigidez con restricción de volumen es de gran importancia en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Estructuras, pues permite reducir el peso final del elemento mecánico o estructural, conservando su rigidez y funcionalidad. Partes mecánicas de bajo peso implican menores costos por material y menor consumo de combustible en el caso de vehículos de transporte [1]. En general, la reducción de la inercia en partes en movimiento, sea maquinaria o vehículos, disminuye la cantidad de energía necesaria para su operación.

La OT es un campo de investigación de rápido crecimiento, donde intervienen distintas áreas como son las matemáticas, la mecánica y las ciencias computacionales, y que cuenta con importantes aplicaciones prácticas en la industria y en el sector de manufactura. En la actualidad, la OT es usada en las industrias aeroespacial, automotriz, de obras civiles, entre otras.

La Figura 1 muestra una horquilla selectora de caja de velocidades con restricciones en la cara cilíndrica y una carga (F) en las caras de empuje. La idea del trabajo es aplicar esta técnica tratando de resolver un problema de máxima rigidez (o mínima flexibilidad) con restricción de volumen, por lo que nos planteamos el siguiente objetivo:

¿Cuál es la distribución de material que proporciona la máxima rigidez (o mínima flexibilidad) para el estado de carga impuesto y un máximo volumen de material determinado?

En la Figura 1 también se muestra la topología óptima obtenida para el estado de carga mostrado y el volumen final de la estructura igual al 75% del volumen inicial.



Figura 1: Topología obtenida, volumen final con rediseño de horquilla
Fuente: elaboración propia.

1.1 Reseña histórica

Los principios básicos sobre la teoría de la optimización se sitúan cronológicamente entre los siglos XVII y XVIII (ver ref. [17]):

- Galilei (1638): forma óptima de una viga en voladizo, con una carga puntual en su extremo libre.
- Leibniz (1646-1716): cálculo infinitesimal.
- Lagrange (1736-1813): cálculo de variaciones (valores extremos de una función de funciones). Hamilton (1808-1865): principio de mínima acción.
- Michell (1904): principios fundamentales para el diseño óptimo de barras de peso mínimo.

Entre los años 1940 y 1950 el trabajo fundamentalmente fue analítico. Schmit y Farshi (1974), ref. [16], estuvieron entre los primeros autores que propusieron una declaración comprensiva sobre las técnicas de programación matemática. Durante la década de 1970, la optimización de estructuras disfrutó de una intensiva investigación, pero desgraciadamente fueron pocas las aplicaciones prácticas. Francavilla, Ramakrishnan, y Zienkiewicz (1975), ref. [6] propusieron caracterizar la forma óptima con el objetivo de minimizar la concentración de tensiones, a través de parámetros geométricos predefinidos.

Oda (1977) ref. [13], presentó un estudio donde se obtienen las formas óptimas correspondientes a dos problemas planos introduciendo cambios en algunos elementos finitos preseleccionados. Rodríguez y Sereig (1985) ref. [14], introducen un algoritmo basado en FEA (Finite Elements Analysis) donde la forma óptima se alcanza maximizando el empleo del material. Mattheck y Burkhardt (1990) ref. [10], plantearon un método de optimización basándose en la analogía entre la

geometría de la estructura y el mecanismo de crecimiento del árbol con el objetivo de minimizar las concentraciones de tensiones. Xie y Steven (1993) ref. [22], presentan un método denominado ESO (Evolutionary Structural Optimization), el cual mediante un sencillo proceso iterativo va retirando el material menos eficiente del diseño. Bendsøe y Kikuchi (1993) ref. [4], desarrollaron el método de homogeneización en el cual un modelo de material con pequeñas cavidades se introduce en el diseño, resolviendo el problema de diseño óptimo mediante la determinación de la porosidad ideal. En la actualidad, los algoritmos basados en el proceso de la selección natural y evolución biológica (algoritmos evolucionarios) se confirman como la metodología más potente y robusta para el diseño óptimo (Woon, Tong, Querin, y Steven, 2003), ref. [19]. En los sucesivos apartados se elabora una descripción más extensa sobre algunos de estos métodos, así como otras técnicas que establecen el actual marco para la resolución del problema de diseño óptimo en estructuras continuas. Schmidt, ref. [16], propuso una idea revolucionaria que dio origen a una nueva disciplina: los ingenieros, en general, tratan de diseñar objetos o sistemas de coste mínimo que durante su vida útil deben ser capaces de resistir las solicitaciones máximas que se puedan producir; por tanto, los problemas de diseño (óptimo) podrían plantearse de forma sistemática en términos de los de minimización con restricciones, y podrían resolverse mediante técnicas de programación no lineal utilizando ordenadores digitales de alta velocidad. Desde entonces, la optimización de formas y dimensiones en ingeniería estructural se ha planteado habitualmente mediante formulaciones de mínimo peso, con restricciones no lineales impuestas con el fin de limitar los valores admisibles de los campos de desplazamientos y tensiones. Sin embargo, desde que Bendsoe y Kikuchi (ver ref. [1] y [2]) desarrollaron los conceptos básicos en 1988, los problemas de optimización topológica se han planteado tradicionalmente mediante formulaciones de máxima rigidez. Con este tipo de planteamientos se pretende distribuir una cantidad predeterminada de material en un recinto de forma que se maximice la rigidez (se minimice la energía de deformación) de la pieza resultante para un determinado estado de carga.

De esta forma se evita tener que trabajar con numerosas restricciones altamente no lineales, habida cuenta del elevado número de variables de diseño que es consustancial a los problemas de optimización topológica. A cambio, no es posible contemplar múltiples estados de carga, y las formulaciones de máxima rigidez conducen —en principio— a problemas intrínsecamente mal planteados, cuyas soluciones oscilan indefinidamente al refinar la discretización.

2. MÉTODO

2.1. Método SIMP para optimización de topología.

La optimización de topología es el tipo más común de optimización estructural. Se utiliza en la fase inicial del diseño para predecir la distribución óptima del material dentro de un determinado espacio inicial de una estructura, y tiene en cuenta las especificaciones funcionales y las restricciones de fabricación.

El método matemático más popular para la optimización de topología es el método de material isotrópico sólido con penalización (SIMP- Solid Isotropic Material with Penalty). *Bendsoe y Kikuchi (1988)* (ver ref. [1] y [2]) y *Rozvany y Zhou (1992)* ref. [15], propusieron inicialmente el método SIMP. Este predice una distribución óptima del material dentro de un espacio de diseño determinado, para casos de carga determinados, condiciones de contorno, restricciones de fabricación y requisitos de

rendimiento. Según *Bendsoe (1989)*: “*La optimización de la forma en un entorno general requiere la determinación de la distribución óptima del material espacial para determinadas cargas y condiciones de contorno. Cada punto en el espacio es, por lo tanto, un punto material o un vacío y el problema de optimización es una variable discreta*”, (ver ref. [2] pag.1 Resumen).

El enfoque tradicional para la optimización de topología es la individualización de un dominio en una rejilla de elementos finitos denominados microestructuras sólidas isotrópicas. Cada elemento se rellena con material para regiones que requieren material, o se vacía de material para regiones donde se puede eliminar material (que representa vacíos). La distribución de densidad del material dentro de un dominio de diseño, ρ , es individual, y a cada elemento se le asigna un valor binario:

- $\rho_e = 1$, donde se requiere material (negro)
- $\rho_e = 0$, donde se elimina material (blanco)

2.2. Implementación numérica.

El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en la solución de un problema de elasticidad lineal usando el método de los elementos finitos (MEF) es de la forma:

$$Ku = f \quad (1)$$

Donde u y f , son los desplazamientos y fuerzas externas aplicadas en los nodos, respectivamente. El término K es la matriz de rigidez global, que está dada por la suma coherente (también denominado proceso de ensamble de la matriz global) de las matrices de rigidez de cada elemento

$$K^e = \sum_{i=1}^{Ne} K_i^e \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2)$$

Donde Ne es el número total de elementos finitos usados para discretizar el dominio. La matriz de rigidez de cada elemento se obtiene de la siguiente expresión:

$$K^e = \int_{\Omega} B^T D B d\Omega \quad (3)$$

Donde D es la matriz de material para el caso de esfuerzo plano [7], B es la matriz de las derivadas de las funciones de forma y Ω representa el dominio de diseño [8].

Como la idea de la OT es distribuir cierta cantidad de material en el dominio, de tal forma que la rigidez sea la máxima posible, se necesita un mecanismo para modelar la presencia o ausencia de material. En este trabajo se usó el modelo de material sólido isotrópico con penalización (SIMP). En este modelo, cada elemento finito tiene asociada una variable llamada pseudodensidad (ρ), que multiplica la matriz de rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$\hat{K}_i = \rho_i^p K_i \quad (4)$$

Donde ρ es un factor de penalización usado para reducir los valores intermedios de las pseudodensidades. Estas presentan valores entre cero y uno, donde cero representa ausencia total de material y uno representa la presencia del material de base usado en el diseño. Por cuestiones de implementación numérica, las pseudodensidades no pueden tener valores discretos de 0 y 1, sino una variación continua entre estos dos valores.

$$(0 \leq \rho \leq 1) \quad (5)$$

La energía de deformación aumenta a medida que la estructura se deforma, por tanto, el proceso de optimización consiste en hallar el conjunto de valores ρ_i que la minimizan.

Por ejemplo, la imagen muestra un diseño de material optimizado de una viga cargada (Fig. 2). Los elementos sólidos con densidades $\rho_{(e)} = 1$ son de color negro, mientras que los elementos vacíos con $\rho_{(e)} = 0$ se eliminan.

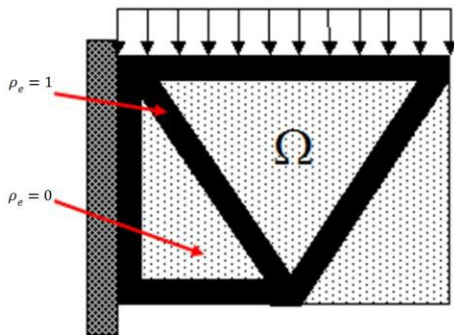


Figura 2: Diseño optimizado de viga cargada

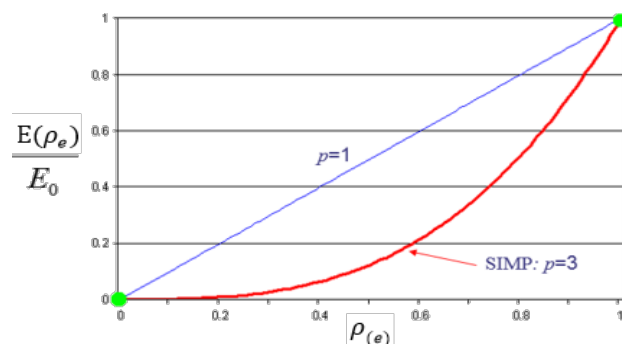


Figura 3: Factor de penalidad p y método SIMP

La introducción de una función de distribución de densidad relativa continua evita la naturaleza binaria de activación/desactivación del problema. Para cada elemento, la densidad relativa asignada puede variar entre un valor mínimo ρ_{min} y 1, que permite la asignación de densidades intermedias para los mismos (caracterizados como elementos porosos):

ρ_{min} es el valor de la densidad mínima permitida para los elementos vacíos que son mayores que cero. Este valor de densidad garantiza la estabilidad numérica del análisis de elementos finitos. Dado que la densidad relativa del material puede variar continuamente, el módulo de elasticidad del material en cada elemento también puede variar continuamente. Para cada elemento "e", la relación entre el factor de densidad relativa del material ρ_e y el módulo de elasticidad del modelo de material isotrópico asignado, E_0 se calcula mediante la ley de potencia siguiente (ver Figura 3):

$$E(\rho_e) = \rho_e^p E_0 \quad (6)$$

El factor de penalidad p disminuye la contribución de elementos con densidades intermedias (elementos grises) a la rigidez total. El factor de penalidad dirige la solución de optimización a elementos que son de color negro sólido ($\rho_e = 1$) o blanco vacío ($\rho_e = \rho_{min}$). Los experimentos numéricos indican que un valor de factor de penalidad de $p = 3$ es adecuado.

Una reducción del módulo elástico del material de un elemento conduce a una disminución de la rigidez del elemento. Según el método SIMP, la rigidez global se modula de acuerdo con:

$$K_{SIMP}(\rho) = \sum_{e=1}^N [\rho_{min} + (1 - \rho_{min})\rho_e^p] K_e \quad (7)$$

Donde K_e es la matriz de rigidez del elemento, ρ_{min} representa la densidad relativa mínima, ρ_e es la densidad relativa del elemento, p es el factor de penalidad y N es el número de elementos en el dominio de diseño. Por ejemplo, para un elemento con una densidad relativa asignada $\rho_e = 0.5$, factor de penalidad $p = 3$ y $\rho_{min} = 0.001$, la matriz de rigidez global se escala mediante un factor de $f = (0.001 + (1 - 0.001) * 0.5^3) = 0.12587$.

Un conocido objetivo de optimización es maximizar la rigidez general de una estructura, o minimizar su cumplimiento en una cantidad determinada de eliminación de masa.

El cumplimiento es una medida de la flexibilidad o suavidad general de una estructura, y es el recíproco de la rigidez. El cumplimiento global es igual a la suma del elemento elástico o las energías de deformación. Minimizar el cumplimiento global C , es equivalente a maximizar la rigidez global. El algoritmo de optimización, mediante un proceso iterativo, trata de resolver las densidades de los elementos (que son las variables de diseño de optimización) que minimizan el cumplimiento global de la estructura.

$$C(\{\rho\}) = \sum_{e=1}^N (\rho_e)^p [u_e]^T [K_e] [u_e] \quad (8)$$

$[u_e]$ es el vector de desplazamiento nodal del elemento e , $[K_e]$ es la rigidez del elemento e , y el vector $\{\rho\}$ contiene las densidades relativas de los elementos ρ_e .

Durante cada iteración de optimización, se deben cumplir la restricción de masa objetivo, el equilibrio de fuerza-rigidez global y las restricciones funcionales requeridas:

$$\sum_{e=1}^N \{v_e\}^T \rho_e \leq M_{target} \quad (9)$$

Donde v_e es el volumen del elemento y M_{target} es la masa objetivo de la optimización.

$$[K\{\rho\}]\{u\} = \{F\} \quad (10)$$

$[K\{\rho\}]$ es la matriz de rigidez global modulada por el vector de densidades relativas, $\{u\}$ es el vector de desplazamiento, y $\{F\}$ es el vector de fuerza externa.

$$\theta(\{\rho\}, \{u\})_1 \leq \theta_1^*, \theta(\{\rho\}, \{u\})_2 \leq \theta_2^*, \dots \quad (11)$$

La fórmula anterior contiene restricciones de respuesta de diseño, como límites en tensiones, desplazamientos, frecuencias propias, etc.

2.3 Análisis de sensibilidad.

Durante cada iteración, el algoritmo de optimización realiza un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto que la variación de las densidades del material tiene sobre la función objetivo para maximizar la rigidez. Matemáticamente, el análisis de sensibilidad se expresa como la derivada de la función objetivo con respecto a las densidades del material:

$$\frac{dC}{d\rho_e} = -p(\rho_e)^{p-1} [u_e]^T [K_e] [u_e] \quad (12)$$

Durante un análisis de sensibilidad, los elementos ponderados con factores de baja densidad de material terminan perdiendo su importancia estructural y se eliminan durante iteraciones posteriores. Si calcula la sensibilidad de cada elemento de forma independiente y no tiene en cuenta la conectividad entre los elementos, puede provocar la discontinuidad del material y que los volúmenes se desconecten de la geometría principal. Esto se conoce como efecto de tablero de ajedrez. Para reducir el efecto de tablero de ajedrez, un esquema de filtrado, el cual aplica un radio de influencia al elemento y sitúa la media de las sensibilidades de cada elemento dentro de dicha región de influencia. Las iteraciones de optimización continúan hasta que las variaciones de la función objetivo convergen y las iteraciones alcanzan sus criterios de convergencia.

3. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN: CREACIÓN DE UN ESTUDIO DE TOPOLOGÍA

Se aplica a un modelo, previamente definido que consiste en una horquilla selectora de caja de velocidades. El proceso comprende los siguientes pasos:

- i. **Creación de un Nuevo Estudio.** Para el desarrollo del estudio se ha utilizado el software de diseño y cálculo Solidworks Simulation 2019.
- ii. En la ventana de Percepción de diseño, elegimos Estudio de topología.
En este ejemplo, configuraremos un estudio de topología con el objetivo de encontrar la mayor rigidez por unidad de peso de una horquilla selector de la caja de velocidades.
- iii. Seleccionamos las Propiedades del Estudio:
Para ello en Opciones (en el cuadro de diálogo Topología), seleccionamos el proceso. La creación de un estudio de topología es igual a la de un estudio estático; los materiales, cargas y limitaciones son las mismas pero agrega dos nuevas entradas: los objetivos y restricciones, y los controles de fabricación. El objetivo del estudio de topología puede ser o bien minimizar la masa o el desplazamiento de la pieza o maximizar su rigidez (mejor relación rigidez-peso). Es una buena costumbre comenzar con la mejor opción de relación rigidez-peso (maximizar rigidez). En el caso de que se tenga un desplazamiento máximo de un componente que no desea sobrepasar durante el estudio de topología, utilizar el objetivo para minimizar el desplazamiento máximo o minimizar el peso con la opción de restricción de desplazamiento. Se observará que los tres objetivos siempre minimizan la masa.
El último paso en la configuración del estudio consiste en agregar los controles de fabricación. Este paso es opcional y no es necesario para que el estudio se pueda ejecutar, pero permite tener control sobre la forma resultante y tener en cuenta los métodos de fabricación posteriores. Los controles de fabricación son regiones protegidas, de modo que se podrá excluir áreas del modelo del proceso de topología y del control de espesor, y establecer el grosor mínimo de los componentes además de la simetría del modelo y la definición de la dirección de desmoldeo, que es una restricción de fundición. Para la Configuración de región conservada (bloqueada), debemos seleccionar Regiones con cargas y sujeciones (Fig. 4). Esto nos sirve para que todas las regiones donde hemos definido cargas y sujeciones se conserven de forma predeterminada, es decir, no se hará optimización de estas caras conservadas.

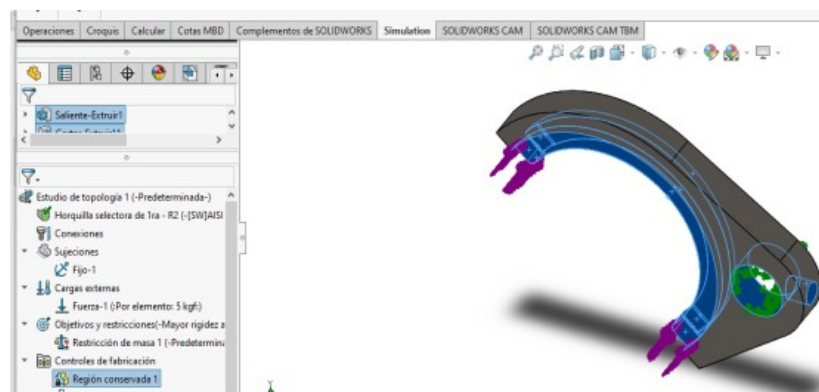


Figura 4 Estudio de topología de la horquilla, región conservada, cargas y sujeciones de horquilla

- iv. Definimos el material (Material: AISI 1045), las sujeciones y las cargas externas
En el gestor de estudio de topología, en Objetivos y restricciones elegimos la opción de mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado) (Fig. 5).

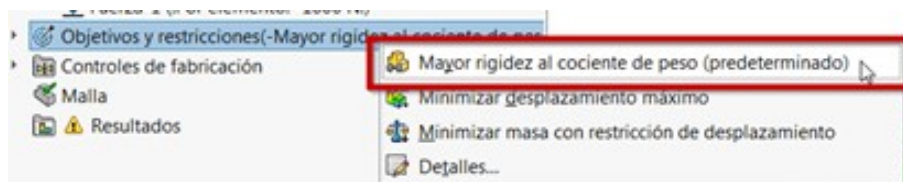


Figura 5 Objetivos y restricciones – mayor rigidez por unidad de peso

Disponemos de 3 objetivos, los cuales son:

- **Mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado)** – Cuando se selecciona Mayor rigidez al cociente de peso, el algoritmo trata de minimizar el cumplimiento global del modelo, que es una medida de la flexibilidad general (recíproco de la rigidez). El cumplimiento viene definido por la suma de energía de todos los elementos.
- **Minimizar desplazamiento máximo** – La optimización proporciona el diseño más rígido que pesa menos que el diseño inicial y minimiza el desplazamiento máximo observado.

- **Minimizar masa con restricciones de desplazamiento** – El algoritmo busca reducir la masa de un componente mientras se restringe el desplazamiento
- v. En la ventana de Objetivos y Restricciones, vamos a reducir el porcentaje de masa (Fig. 6).

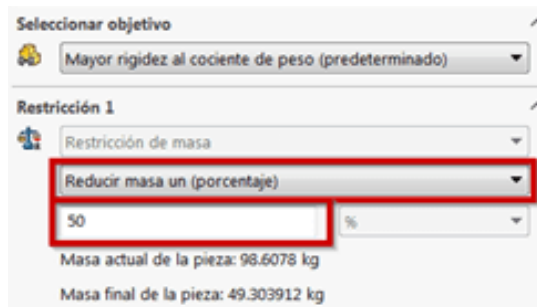


Figura 6 Reducción del porcentaje de masa

En la primera restricción, para Reducir masa un (porcentaje), definimos 50 (%) como Valor de restricción.

Nota: Las restricciones limitan las soluciones de espacio de diseño, podremos definir hasta dos restricciones para un único objetivo. Disponemos de 2 tipos de restricciones, a saber: Restricción de masa – El algoritmo de optimización intentará alcanzar la reducción de masa objetiva para la forma final mediante un proceso iterativo.

Restricción de desplazamiento – Establece el límite superior para el componente de desplazamiento seleccionado.

- vi. En el gestor de estudio de topología, elegimos Controles de fabricación y agregamos región conservada (Fig. 7). En Región conservada agregamos todas aquellas caras que necesitamos conservar (la ventana ofrece la posibilidad de dar un valor de profundidad a esa región conservada).

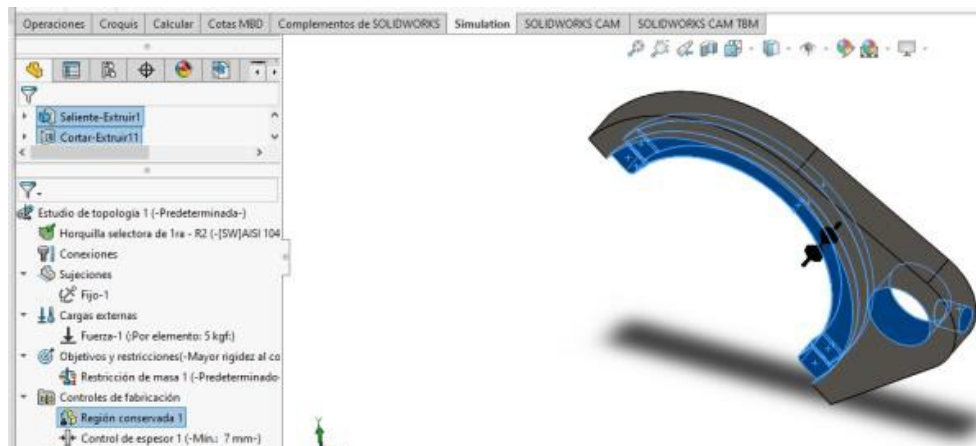


Figura 7 Selección de región conservada

Nota: Las restricciones de fabricación garantizan que se pueda extraer la forma optimizada de un molde o que pueda estamparse con una herramienta o un troquel.

Disponemos de 4 restricciones:

- *Región conservada*
- *Control de desmoldeo*
- *Control de simetría*
- *Control de espesor*

vii. Malla el modelo (Fig. 8)



Figura 8 Malla del modelo

viii. Ejecutamos este estudio (Fig. 9).
El algoritmo de optimización, a través de varias iteraciones, intentará alcanzar la convergencia. Podemos consultar en tiempo real la convergencia tanto del Objetivo (mayor rigidez) como de la Restricción (Masa).

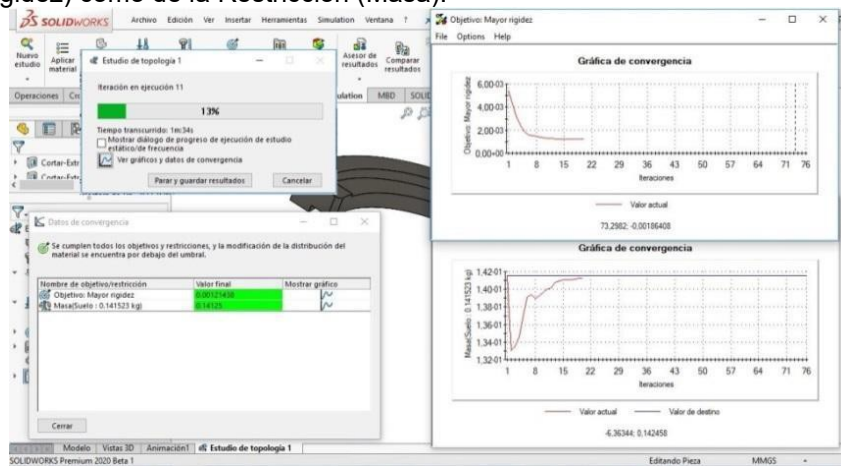


Figura 9 Convergencia en tiempo real de rigidez como de masa

ix. Visualización de los resultados (Fig. 10)
En Resultados, Masa del material nos muestra iso valores de las densidades de masas relativas de los elementos. Se puede controlar con un deslizador los valores de todos los elementos con densidades de masa relativas superiores a 0,3. Es posible desplazar el control deslizador del iso valor hacia la derecha para eliminar un poco más la masa de la forma optimizada.

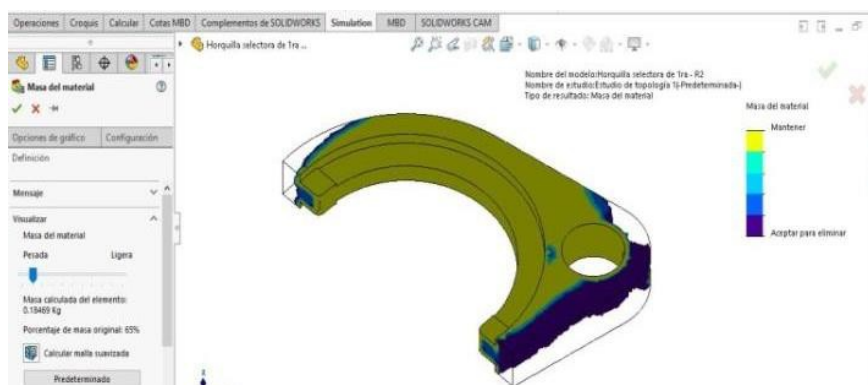


Figura 10 Visualización de isovalores de densidad de masa

x. Cálculo de la malla suavizada (Fig. 11).
El programa crea superficies lisas de la forma optimizada, suaviza al máximo y asigna un color único.



Figura 11 Cálculo de la malla suavizada

- xi. Ajuste del modelo a la forma optimizada (Fig. 12)
Se puede exportar los datos de malla suavizada de la forma optimizada como nueva geometría.

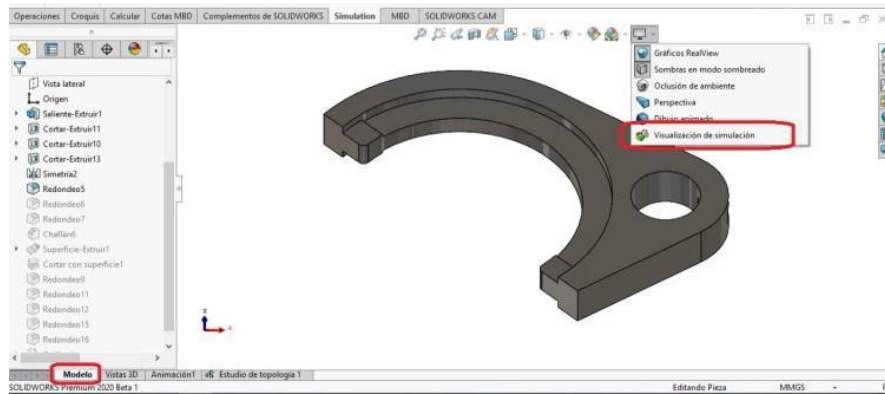


Figura 12 Ajuste del modelo a la forma optimizada

- xii. Visualización de simulación (Fig. 13)
Se mostrará el modelo y su forma optimizada de manera simultánea, esto nos permitirá aplicar operaciones de sustracción en aquellas zonas donde no se requiere material.

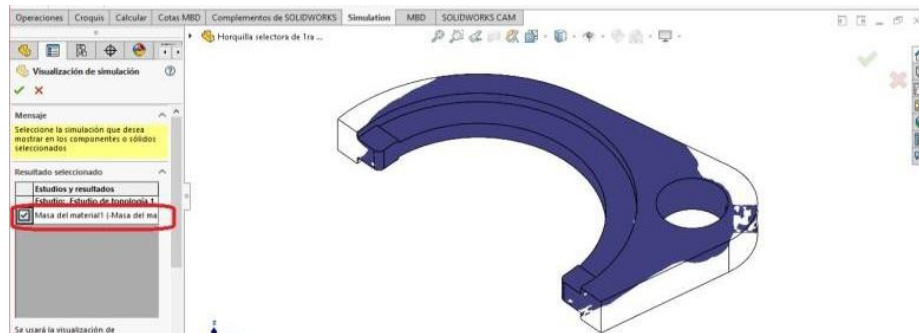


Figura 13 Resultado masa de material de horquilla

- xiii. Croquis sobre las caras del modelo y las regiones a sustraer del mismo (Fig. 14).

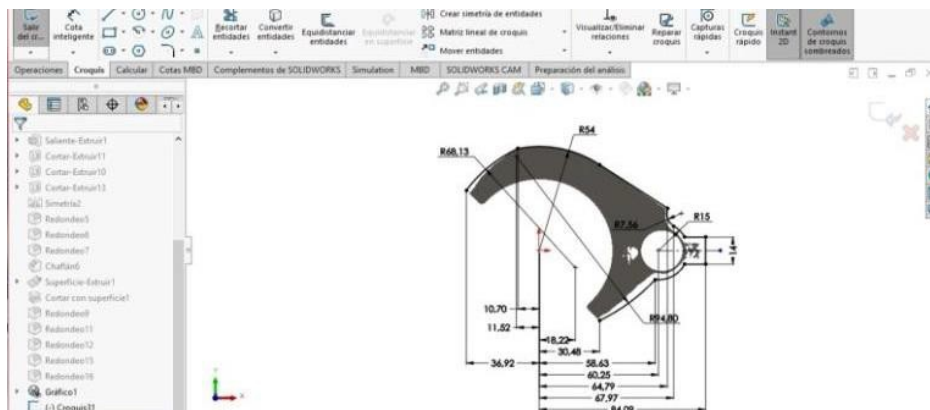


Figura 14 Croquizado de las regiones a sustraer del modelo

xiv. **Ocultamos de nuevo la visualización de simulación (fig. 15)**

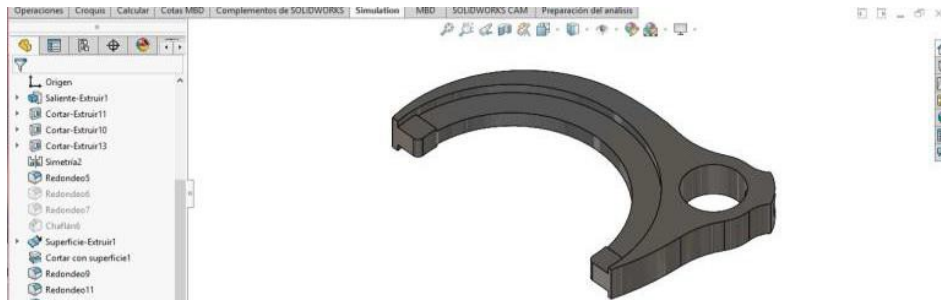


Figura 15 Resultado del rediseño de la horquilla

xv. **Se realiza una comprobación del modelo optimizado (Fig. 16 y 17)**

Comprobamos el modelo resultante, realizando un Estudio Estático para confirmar que las tensiones están dentro de los límites admisibles.



Figura 16 Configuración del análisis estático

i. **Creamos la malla y ejecutamos el estudio (Fig. 18)**

Verificamos que, efectivamente, las tensiones no superan el límite elástico del material.

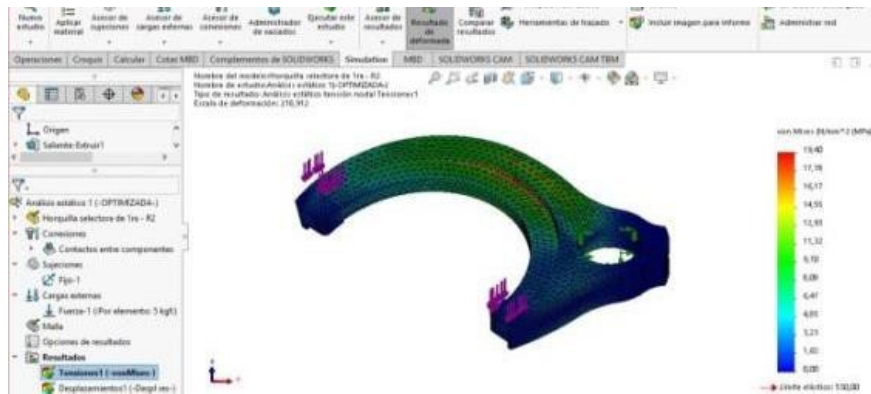


Figura 17 Cálculo de tensiones Von Mises para el rediseño

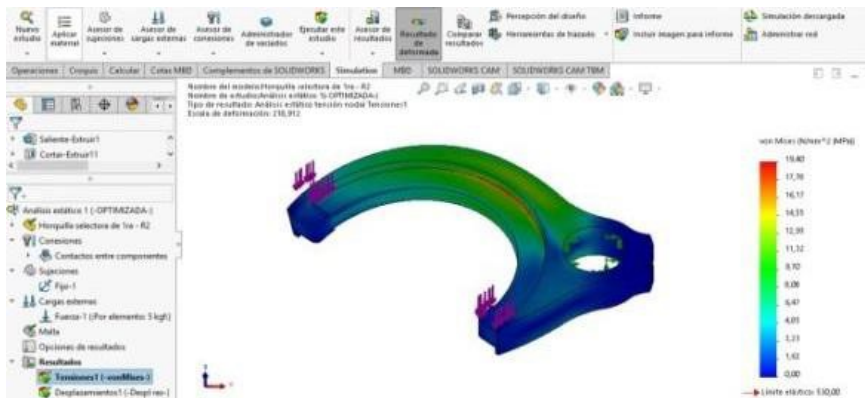


Figura 18 Verificación de tensiones del rediseño de la horquilla

4. CONCLUSIONES

En este trabajo, el problema de máxima rigidez con restricción de volumen fue implementado usando el método de la optimización topológica. La solución utilizada para el desarrollo del cálculo desarrollado proporcionó resultados coherentes. Finalmente, una pieza mecánica fue rediseñada con el propósito de reducir su peso. La solución generó una pieza óptima con una geometría similar, más estilizada, que fue interpretada para obtener un modelo CAD de la pieza mecánica optimizada. El programa de CAD permitió calcular una reducción de peso de 25 %. El software Solidworks Simulation permitió calcular los factores de seguridad, mostrando que en el caso de la pieza optimizada se redujo un 25 % de su

masa. Sin embargo, el valor final aún cumple las especificaciones de diseño. Los resultados obtenidos muestran que la OT es una técnica muy útil en el diseño de piezas mecánicas de peso reducido. Las topologías obtenidas llevan, después de un proceso de interpretación, a piezas mecánicas más livianas, manteniendo una resistencia mecánica comparable, según el análisis estático. Las geometrías complejas que se obtienen con la OT pueden ser fácilmente fabricadas con las técnicas modernas de manufactura aditiva.

5. REFERENCIAS

- [1] Bendsoe, M. P. & Sigmund, O. (2003). *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. Berlín: Springer Verlag.
- [2] Bendsoe, M.P.: *Optimal Shape Design as a Material Distribution Problem*. *Structural Optimization* 1, 193-202.
- [3] Bendsøe MP, Kikuchi N. Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* 1988; 71: 197-224.
- [4] Bendsøe MP, Kikuchi N. *Topology and generalized layout optimization of elastic structures*. *Topology Design of Structures* 1993
- [5] Carbonari, R. C. (2003). *Projeto de atuadores piezelétricos flexionais usando o método de otimização topológica*. Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [6] Francavilla A, Ramakrishnan CV, Zienkiewicz OC. Optimization of shape to minimize stress concentration. *Journal of Strain Analysis* 1975; 10: 63-70.
- [7] Kikuchi, N., Nishiwaki, S., Fonseca, L. S. O. & Silva, E. C. N. (1998). Design optimization method for compliant mechanisms microstructure. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 151, 401-417.
- [8] Lin, J., Luo, Z. & Tong, L. (2010). A new multi-objective programming scheme for topology optimization of compliant mechanisms. *Struct Multidisc Optim* 40, 241-255.
- [9] Logan, D. L. (2007). *A First Course in the Finite Element Method*. Thompson, Canada.
- [10] Mattek C, Burkhardt S. A new method of structural shape optimization based on biological growth. *Int. Journal of Fatigue* 1990; 12(3): 185-190.
- [11] Mattek C. Engineering Components Grow Like Trees. *Mat. wiss. U. Werkstoffech* 1990; 21: 143-168.
- [12] Nishiwaki, S., Frecker, M. I., Min, S. & Kikuchi, N. (1998). Topology optimization of compliant mechanisms using the homogenization method. *Int. J. Numer. Meth. Engng.* 42, 535-559.
- [13] Oda J. On a technique to obtain an optimum strength shape by the finite element method. *Bulletin of the JSME* 1977; 20:160-167.
- [14] Rodriguez J, Seireg A. Optimizing the shapes of structures via a rule-based computer program. *ASME-Computers in Mechanical Engineering* 1985; 4: 20-29.
- [15] Rozvany Zhou M, GIN. The COC algorithm, Part II: Topological, geometrical and generalized shape optimization. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* 1991; 89: 309-336.
- [16] Schmit LA, Farshi B. Some Approximation Concepts for Structural Synthesis. *AIAA Journal* 1974; 12: 692-699.
- [17] Tesis Doctoral "OPTIMIZACIÓN DE FORMA Y TOPOLOGÍA CON MALLA FIJA Y ALGORITMOS GENÉTICOS" Dr. Ing. Mariano Victoria Nicolás - Cartagena, abril de 2006 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
- [18] Timoshenko, S. & Goodier, J. (1970). *Theory of Elasticity*. New York: Mc Graw-Hill.
- [19] Woon SY, Tong L, Querin OM, Steven GP. Knowledge-based algorithms in fixed-grid GA shape optimization. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 2003; 58: 643-660.
- [20] Woon SY, Tong L, Querin OM, Steven GP. Optimising Topologies through a Multi-GA System. *WCSMO 5* 2003.
- [21] Woon SY. *Effective GA-Based Optimisation of Continuum Structures*. Ph. D. Thesis. School of Aerospace, Mechanical and Mechatronic Engineering, University of Sydney: Australia, 2002.
- [22] Xie YM, Steven GP. A simple evolutionary procedure for structural optimization, *Comp. and Struct.* 1993; 49(5): 885-896.

6. Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Docente tutor Magister Ing. Gerardo Franck de la Universidad Nacional del Litoral por su permanente apoyo en el área de Métodos Numéricos en el desarrollo de nuestros proyectos y publicaciones.

Diseño de la envolvente mecánica para un termómetro parlante destinado a personas no videntes

Neira, Rodolfo (*); Lurgo, Gerardo; Rubiolo, Bruno; Burgos, Fabián

*Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. De la Universidad 501. 2400- San Francisco (Córdoba) rodolfoneira8@gmail.com.*

RESUMEN.

En este trabajo se presenta el diseño de la envolvente mecánica y la construcción de un termómetro parlante destinado a personas con discapacidad visual o con baja visión para su utilización en ambientes cerrados como una casa de familia. La integración social en proceso de trabajo manual devuelve las expectativas a las personas con estas patologías, permitiendo disminuir todo tipo de trastornos ocasionados por una pasividad prolongada o un aislamiento forzoso. Se ha demostrado que esta tecnología parlante incorporada a artefactos hogareños favorece no solo a la integración de la persona con el medio cercano sino también posee un importante alcance psicológico desde lo emocional y vincular; que supera las posibilidades otorgadas por las instituciones que los integran y que los acompañan, y repercute vigorosamente en su autoestima. A la vez, el uso de un controlador de calor parlante disminuye de manera significativa los accidentes que se pueden ocasionar cuando se manipulan elementos en presencia de calor estando sola la persona no vidente o con baja visión. De este modo la problemática de la integración social se la trata de un modo más inclusivo donde no sólo se centra en la atención exclusiva de la persona con discapacidad visual o baja visión sino que también incluye al grupo familiar más cercano o al personal auxiliar de entidades afines.

Palabras Claves: Controlador de Calor Parlante, Discapacidad Visual, Diseño, Integración Social, Persona

ABSTRACT – This paper presents the design of the mechanical envelope and the construction of a talking thermometer for people with visual impairment or with low vision for use in closed environments such as a family home. Social integration in manual work processes returns the expectations to people with these pathologies, allowing to reduce all types of disorders caused by prolonged passivity or forced isolation. It has been shown that this talking technology incorporated into household artifacts favors not only the integration of the person with the nearby environment but also has an important psychological reach from the emotional and linking; that exceeds the possibilities granted by the institutions that integrate them and that accompany them, and has a strong impact on their self-esteem. At the same time, the use of a talking heat controller significantly decreases the accidents that can be caused when handling elements in the presence of heat being alone the blind person or with low vision. In this way the problem of social integration is treated in a more inclusive way where it not only focuses on the exclusive attention of the person with visual impairment or low vision but also includes the closest family group or auxiliary personnel of entities related.

1. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad visual enfrentan diariamente obstáculos físicos y emocionales. Gran parte se debe a que la sociedad aún no termina de incluirlos, por lo tanto no contempla totalmente sus necesidades. [1]

El eje movilizador es buscar una solución a la dificultad que tiene una persona no vidente por no contar con la ayuda de elementos parlantes o sonoros que le indiquen la temperatura cuando manipula elementos en el hogar para preparar alimentos (sólidos o líquidos), de allí la necesidad de diseñar y construir un termómetro parlante para tal fin.

Según datos aportados por la Organización Mundial de la Salud en el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegos y 246 millones presentan baja visión. Aproximadamente un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en los países en desarrollo. El 82% de las personas que padecen ceguera tienen 50 años o más. [2]

Numerosos estudios a nivel internacional dan cuenta de los beneficios que brindan a las personas con ciertas discapacidades contar con las tecnologías adecuadas y disponibles para su correcta inserción en la sociedad. [3]

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Antes de comenzar a diseñar y construir el dispositivo, se determinaron las condiciones necesarias para que el mismo opere correctamente, tales parámetros son: rango de trabajo del termómetro parlante con su fidelidad ($[0\text{ °C} - 80\text{ °C}] \pm 0,5\text{ °C}$), tamaño de carcasa, fuente de alimentación (9 V), duración de la batería (9 horas continuas).

En la Figura. 1 se observa la interconexión planteada del sistema. A modo de resumen se obtiene el valor brindado por el sensor gracias a la resistencia variable dependiente de la temperatura para luego procesarla, extraer los audios precargados en la tarjeta de memoria y reproducirlos por medio del parlante.

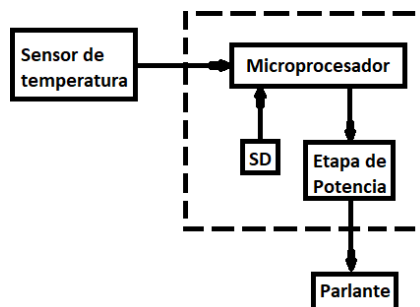


Figura 1 Diagrama general del sistema

2.1. Elección del microcontrolador

Se determinó utilizar el microcontrolador Atmega 328P debido a su relación precio-calidad y a su fácil manejo para desarrollar. Dicho dispositivo contiene una Arquitectura de CPU de 8 bit AVR con memoria flash de 32 KB, memoria RAM de 2KB, 23 Pines IO(entrada/salida), 10 canales ADC (analógico-digital), con una frecuencia de operación de 20Mhz e interfaces UART, TWI, SP. Además tiene un voltaje de operación de 1.8 a 5.5 VDC (es recomendable usarlo a 5VDC) y una temperatura de trabajo de -40° a 85° C, estas características en especial la cantidad de pines y canales, interfaces, temperatura de funcionamiento y tensión de alimentación fueron la que determinaron la elección del microcontrolador pudiendo cumplir así todos requisitos necesarios para desarrollar el termómetro parlante.

2.2. Elección del parlante

Se determinó utilizar un parlante de 0,5 Watt, 8 Ohm para una correcta configuración del transistor (componente para amplificar la corriente eléctrica que circula por el parlante), para obtener una buena calidad de audio y garantizar una excelente ganancia.

2.3. Elección de la batería

El dispositivo utiliza una batería de 9V debido a que al momento de reemplazarla, se encuentra en cualquier comercio y cumple con la diferencia de potencial que se necesita para que el aparato funcione. Además, tiene una buena relación en cuanto a precio-duración (incluso algunas son recargables), la duración promedio de la batería en el termómetro es de aproximadamente 4,5 horas si permanece continuamente hablando, 18 horas en modo standby (Prendido pero sin hablar). Las baterías de 9V normalmente son de 900mAh, las mediciones tomadas en el termómetro arrojan un consumo de 200mA hablando continuamente y 50mA en modo standby.

2.4. Elección de transistor de potencia

Para amplificar la salida de audio se determinó utilizar un transistor BC337 (NPN) ya que soporta una corriente de colector de hasta 800 mA en corriente continua y el consumo del parlante a 5V con una resistencia interna de 8 ohm y una potencia de 0.5 W es de 100 mA en corriente continua, además la diferencia de potencial que soporta entre colector-emisor es de 45 Vdc. Estas características principales sumado a su bajo costo, hicieron que la elección de dicho transistor sea ideal para el proyecto.

2.5. Elección del sensor de temperatura

Como existen diversos sensores de temperatura con diferentes funcionamientos (de intensidad, de resistencia variable), diferentes curva de temperatura-lectura y diferente circuito para su próximo acople al microcontrolador, se decidió utilizar un sensor que se encontraba en el laboratorio de Ingeniería Electrónica de U.T.N Facultad Regional San Francisco cuya curva de temperatura y funcionamiento era desconocido, para solucionar el problema se desarrolló un circuito de lectura que consistía en un divisor resistivo, ver Figura 2, y después realizar diferentes ensayos y mediciones en el Laboratorio de Química de la misma Facultad Regional.

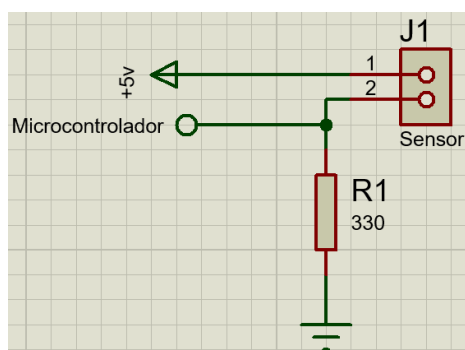


Figura 2 Circuito de lectura

Las mediciones consistían en un vaso precipitado lleno de agua con hielo y sal (para disminuir el punto de congelamiento del agua – al agregar ambos compuestos se realiza una reacción endotérmica, que es un fenómeno que absorbe energía, esta energía es el calor que existe, por ende la temperatura baja más rápido), se colocó un termómetro de mercurio con una excelente apreciación y el sensor de temperatura conectado al circuito, como se observa en la Figura 3



Figura 3 Medición en vaso de precipitado

Luego se realizó el mismo método pero aplicando temperatura mediante una hornalla para obtener valores mayores a 0 °C.

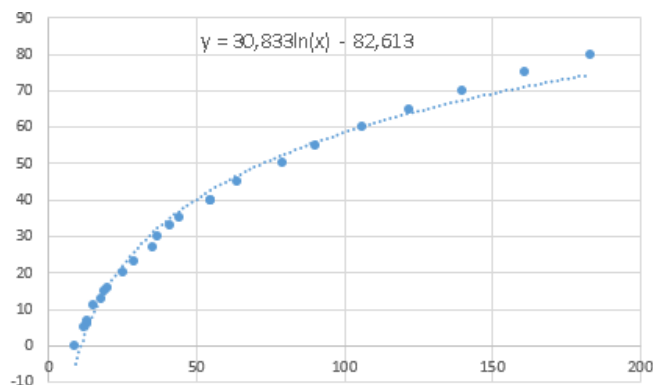
Para obtener la curva de temperatura-valor sensor se realizaron las mediciones que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Valores obtenidos en mediciones de laboratorio

Valor Analógico	Termómetro Laboratorio
Leído	Temperatura Real
37	30
44	35
55	40
35	27
41	33
64	45
79	50
90	55
106	60
122	65
140	70
161	75
183	80
55	40
29	23
25	20
20	16
19	15
18	13
15	11
13	7
13	6
12	5
9	0
8	-2

Conste aclarar que el valor del sensor es un valor analógico (magnitud que puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo $-V_{cc}$ y $+V_{cc}$, en este caso entre 0V y 5V), para que el microcontrolador pueda procesar este dato, utiliza internamente un conversor análogo-digital que convierte la entrada analógica en una medición digital codificada con un número N de bits, en este caso 10 bit. El ancho del intervalo de la medición en digital en mV es la precisión de la señal y está dado por 2^N en este caso $2^{10} = 1024$ es decir que los valores medidos van a variar entre 0 y 1024 correspondiéndose cada valor con una temperatura medida y mostrada en la tabla.

Para obtener una función que satisfaga todos los parámetros, para convertir los valores registrados por el sensor a la temperatura correspondiente, se utilizó Microsoft Excel, y se pudo determinar la línea de tendencia que pase por todos los puntos y poder obtener así, la formula general. En el siguiente gráfico se muestra el resultado:



Como resultado se obtuvo la siguiente función logarítmica, que se muestra en Ecuación (1)

$$\text{Temperatura} = 30.833 * \ln(\text{valor sensado}) - 82.613 \tag{1}$$

2.6. Elección de la carcasa y tamaño de la placa

Se decidió fabricar la carcasa con impresora 3D en material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) ya que tiene una temperatura de deformación de 110 °C, resistencia a ataques químicos y alta capacidad de mecanizado (perforado, lijado), cuyas propiedades se muestran en Tabla 2

Tabla 2 *Propiedades mecánicas ABS*

<u>Propiedades mecánicas (*)</u>	<u>Impresión 3D</u>	
	Valor típico	Método de ensayo
Módulo de elasticidad a la tracción	1681,5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	39,0 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	33,9 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la deformación	3,5 %	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la rotura	4,8 %	ISO 527 (50 mm/min)
Resistencia a la flexión	70,5 MPa	ISO 178
Módulo de flexión	2070,0 MPa	ISO 178

Se decidió un tamaño de 128 x 55 mm para la carcasa para poder generar mayor comodidad y experiencia al usuario pudiendo ensamblar todos los componentes necesario para su debido funcionamiento en ese tamaño determinado. Para tener una idea aproximada de la realidad y poder determinar el tamaño de placa, ubicación de componente y forma de ensamblaje se desarrolló un moldado 3D en el Software *SolidWorks*, dicho moldeado también se utilizó para la impresión 3D. [4,5] A continuación en la Figura 4 se observan el diseño y vistas del gabinete correspondiente

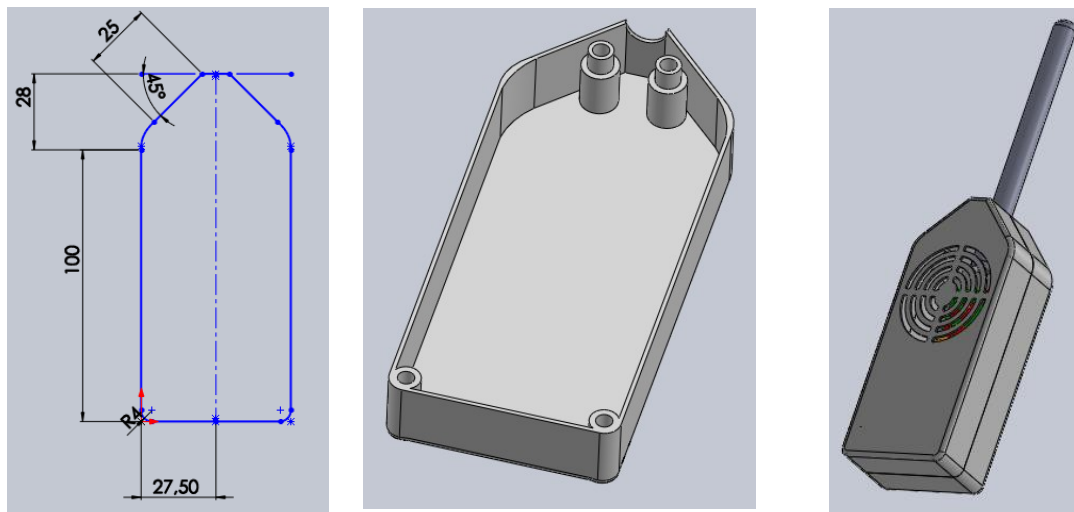


Figura 4 *Vistas del gabinete en material plástico*

2.7. Desarrollo del proyecto

Para llevar a cabo el proyecto se decidió comenzar realizando el esquema electrónico, luego la fabricación del PCB (circuito impreso), la fabricación del gabinete plástico y por último, el ensamblaje, prueba y ensayos del prototipo. [6-9]

2.7.1. Diseño de circuito electrónico

El diseño del circuito electrónico se divide en 4 etapas, estas mismas son: Fuente de alimentación, Etapa de control, Circuito memoria SD, Etapa de potencia.

2.7.1.1 Fuente de alimentación

Para llevar a cabo el circuito de alimentación, se determinó utilizar dos reguladores de tensión, LM7805 y LM317, utilizados para alimentar el microcontrolador y la memoria SD respectivamente. En el caso de la SD, esta trabaja con una diferencia de potencial de 3.3V por lo cual se utilizó un LM317 para la alimentación de la misma, y un divisor resistivo para la comunicación entre la SD y el microcontrolador, ya que las salidas de este trabajan a 5V.

Para ambos reguladores se integraron capacitores calculados para mantener la tensión estable en ellos, como se visualiza en la Figura 5

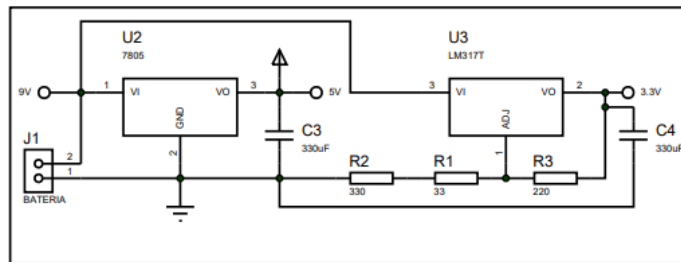


Figura 5 Vista de la integración de capacitores

2.7.1.2 Etapa de control

Para la etapa de control se utiliza el microcontrolador Atmega328p con su respectivo circuito de oscilación (X1, C1, C2) para generar la frecuencia y velocidad necesaria con la que el microcontrolador corre el programa interno, según la Figura 6

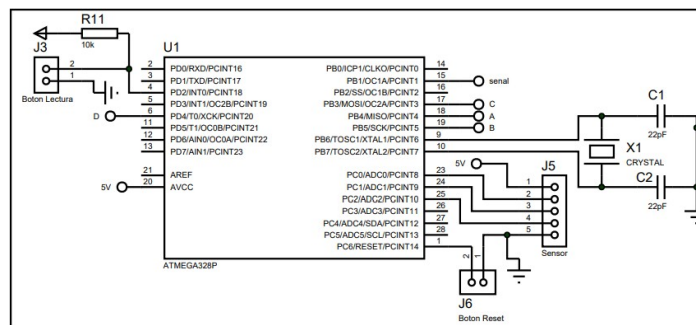


Figura 6 Vista del microcontrolador

2.7.1.3 Circuito memoria SD

Como mencionamos anteriormente, la tarjeta SD, además de necesitar una alimentación de 3.3V para funcionar, las señales que recibe y emite también deben ser de 3.3V. Los pines del microcontrolador trabajan a 5V, por lo tanto realizamos un divisor resistivo como se muestra en la siguiente figura para tener 3,3V en las entradas de la SD, como se muestra en Figura 7

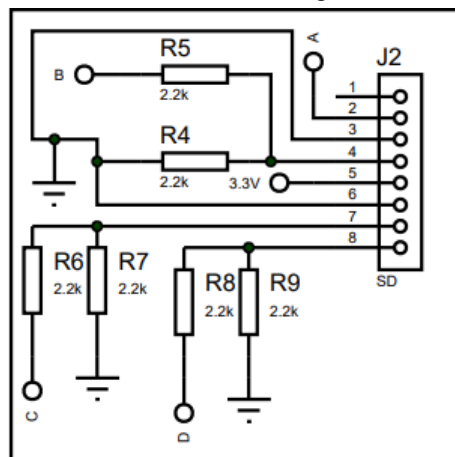


Figura 7 Vista del divisor resistivo

2.7.1.4 Etapa de potencia.

Para la etapa de potencia se utilizó el transistor BC337 antes descrito para amplificar la señal hacia el parlante, como se evidencia en la Figura 8.

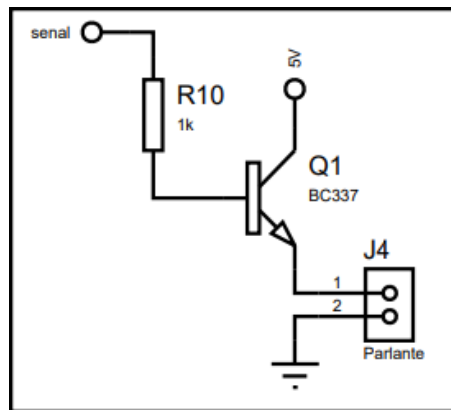


Figura 8 Vista del amplificador del parlante

Por último, se detalla el esquema final del circuito electrónico, como se observa en Figura 9

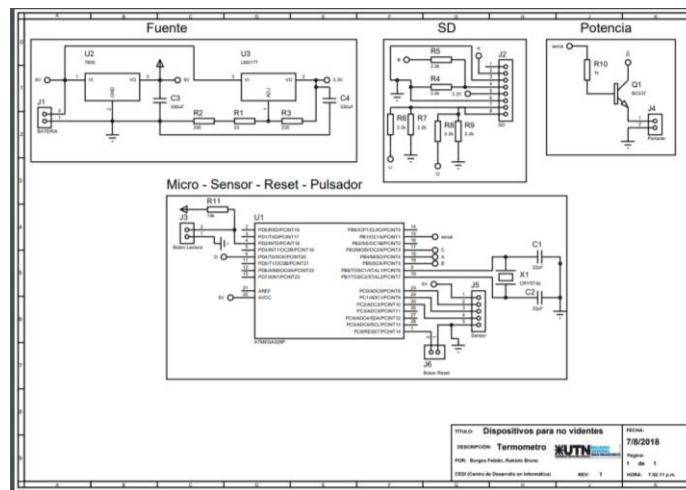


Figura 9 Vista general del circuito electrónico

2.8. Fabricación del PCB.

Para la fabricación del circuito impreso se utilizó el diagrama anterior y se determinó un tamaño de placa de 43 x 60 mm, se colocaron los componentes de tal forma que encaje perfecto en la carcasa y de que la etapa de potencia este lo más alejado posible de la etapa de señal o control. Luego se procedió a realizar las pistas que conectan los componentes logrando el siguiente circuito, que se muestra en la Figura 10 y Figura 11

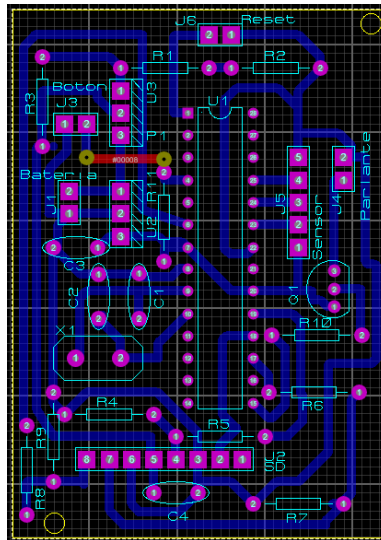


Figura 10 Vista de la placa con las conexiones

Luego se transformó el diseño en un moldeado 3D para poder verificar.

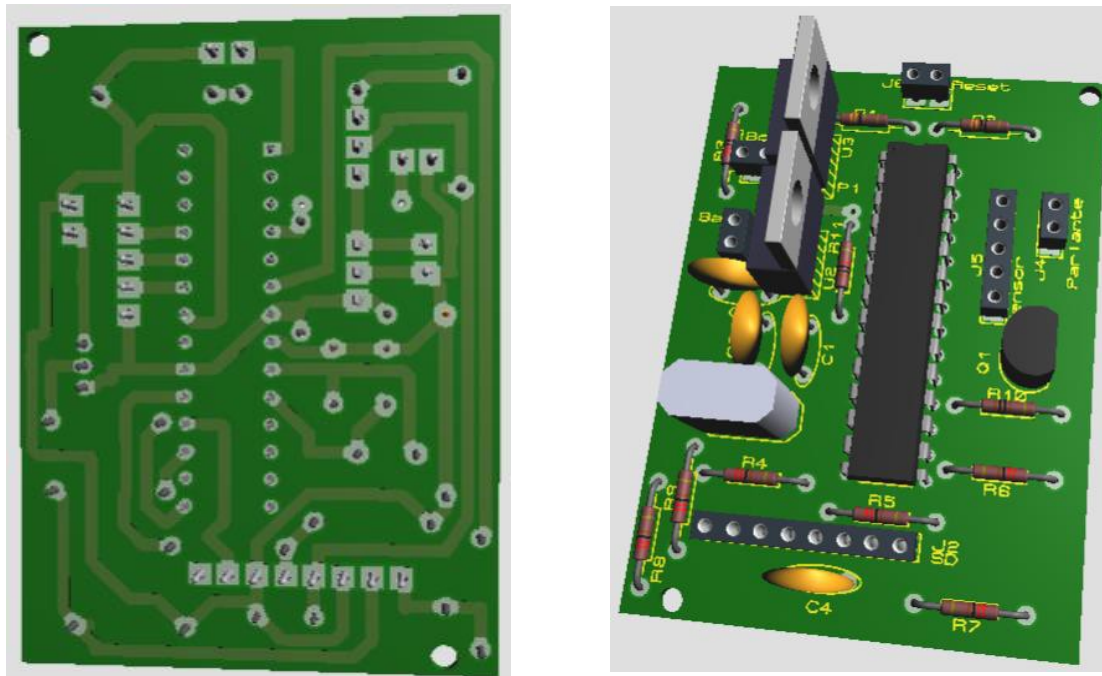


Figura 11 Vista de la placa con los componentes

2.9. Ensamblaje y prueba

Una vez realizado las etapas anteriores, se programó el microcontrolador y se realizaron verificaciones y ensayos con instrumentos tales como osciloscopio y multímetro, ambos digitales, según se observa en la Figura 12

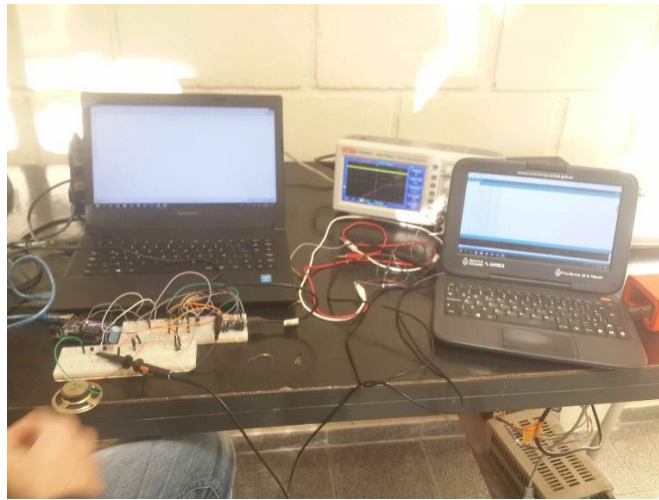


Figura 12 Verificación de programación del microcontrolador

Luego se procedió a ensamblar y soldar los componentes en el PCB y se realizaron diversas pruebas en diferentes medios, algunos de ellos fueron agua (frio y caliente), aire (temperatura ambiente), hielo. En uno de los ensayos se decidió colocar el sensor dentro del congelador de una heladera y medir la variación de temperatura en intervalos de 1 segundo para poder verificar la rapidez y eficacia del dispositivo obteniendo excelentes resultados, como se evidencia en la Figura 13

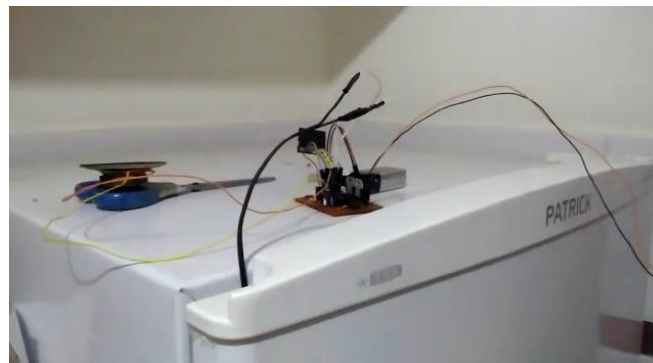


Figura 13 Vista del sensor dentro de un refrigerador

Por último, después de verificar que el circuito y programación funcionaron correctamente, se procedió a ensamblar el sistema dentro del gabinete plástico obteniendo como producto final el termómetro sonoro para personas no videntes.

3. RESULTADOS

Mediante un estudio de los elementos existentes aplicados a mejorar las condiciones del trabajo de una persona no vidente en ambientes cerrados como una casa de familia, hemos observado que los mismos son escasos y de un costo elevado, generalmente por su procedencia del exterior. Con el diseño y construcción de este termómetro parlante se logra mejorar la integración de la persona no vidente, así como disminuir notablemente los problemas que origina en los familiares directos, reduciendo tiempos improductivos de quien lo asiste o acompaña y mejorando la calidad de vida de la persona al tener mayor autonomía para desenvolverse en su hogar.

Teniendo en cuenta el prototipo diseñado y construido, el mismo fue sometido a diferentes pruebas de campo para medir su desempeño en función a los parámetros de cálculo y técnicos, con resultados positivos.

Para probar su utilidad práctica y su aplicación en condiciones reales, se entregó el prototipo a personal de una ONG local que atiende la problemática de la discapacidad visual.

Allí se logró un resultado satisfactorio en su peso, material de construcción, lectura y sonido del valor de temperatura arrojado por el sensor, entre otros aspectos, pero surgieron inquietudes en el aspecto ergonómico, tubo protector del sensor de forma telescópica, y alguna dificultad para el manejo de los comandos, lo que pone de manifiesto que se tendría que realizar un rediseño de dicho prototipo, teniendo en cuenta estas sugerencias.

La construcción de este termómetro parlante, ver Figura 14, es producto de un desarrollo local que traería muchos beneficios al aprovechar la capacidad técnica e intelectual de su comunidad y permitiría su aplicación a nivel regional y nacional.



Figura 14 Vistas del gabinete atrás, frontal y lateral

4. CONCLUSIONES.

La vista es uno de los sentidos más importantes del ser humano, porque brinda la mayor parte de la información del mundo circundante.

Existen millones de personas con discapacidad visual, las cuales pueden realizar trabajos por sí mismas, y apoyándose en los avances que brinda la tecnología actual, efectuar tareas más específicas y ser ejemplo para las demás.

En virtud de los resultados obtenidos con este prototipo de termómetro parlante, es evidente que se puede mejorar su aspecto ergonómico con un diseño adecuado, teniendo en cuenta las sugerencias aportadas por las personas que lo utilizaron.

Para reducir notablemente el tamaño de los circuitos, se puede integrar la tecnología actual existente en la ciudad y, así abaratar costos y procesos productivos, lo que redundaría en un beneficio para más personas.

Existe tecnología exclusiva para personas con discapacidad visual y otro tipos de tecnologías, pero en muchas ocasiones acceder a ellas resulta difícil y caro.

5. REFERENCIAS.

- [1] Sánchez Caballero, M. (2015). *Baja visión y tecnología de acceso a la información: Guía de ayudas técnicas de bajo coste*. Colección Democratizando la Accesibilidad Vol. 8. La Ciudad Accesible.
- [2] OMS, (2013). *Ceguera y discapacidad visual*. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/> Nota descriptiva N° 282
- [3] Ceditec, (2014) *Aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual*. Disponible en: http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php?option=com_content&view=article&id=22087%3Aaplicaciones-moviles-para-personas-con-discapacidad-visual&catid=40&Itemid=1440&lang=es, España
- [4] Gómez Gonzalez, S. (2016) *El gran libro de Solidworks*. Editorial: Marcombo. Madrid
- [5] Grande Sanpedro, F. (2016) *Solidworks fácil*. Editorial: Alfaomega Marcombo. Madrid
- [6] Torrente Artero, O. (2013) *Arduino. Curso práctico de formación*. Primera edición. Editorial: Alfaomega. México
- [7] Saenz Flores, M. (2018) *Curso básico de Arduino*. Primera edición. Creative commons
- [8] García Breijo, E. (2008) *Compilador C CSS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC*. Primera edición. Editorial: Alfaomega. México.

Solicitaciones en un acoplamiento cardánico de uso agrícola

Gallo, Omar D.; Díaz, Alberto J.; Ferreyra, Diego M.

*Universidad Tecnológica Nacional FR. San Francisco
Av de la Universidad 501.
odgallo@gmail.com*

RESUMEN.

Este trabajo relata el proceso de verificación de solicitaciones de un acoplamiento cardánico de uso agrícola, realizado en un laboratorio equipado con frenos dinamométricos. Se usó un motor eléctrico en reemplazo del tractor, para el movimiento de giro del eje.

Las pruebas realizadas fueron: ensayo de vibraciones, ensayo de calentamiento, ensayo de rotura del fusible mecánico y cálculo de esfuerzos mecánicos y deformaciones.

Una aplicación futura de los resultados de estas pruebas y cálculos permitiría, eventualmente, racionalizar las dimensiones mecánicas y los materiales usados, lo cual llevaría a una reducción de los costos de fabricación del cardan.

Palabras Claves: Transmisión en ejes, cardan, ensayo cardan

ABSTRACT

In this article, a description is made of a procedure for the assessment of stresses on an agricultural-machine cardan shaft tested in a laboratory equipped with dynamometric benches. An electric motor was used as a substitute for the tractor as a means to rotate the shaft.

The following assessments were made: vibration test, temperature-rise test, torque test up to shear rupture of mechanical fuse, and calculation of mechanical stresses and strains.

The results of said assessments and calculations may eventually help rationalize the mechanical dimensions and the materials employed, which could in turn lead to a reduction in cardan shaft manufacturing costs.

1. INTRODUCCIÓN

Los acoplamientos cardánicos son ampliamente usados en el agro para accionar maquinarias portátiles, como enfardadoras, desmalezadoras o cintas transportadoras. También se aplican en todo equipo que requiera una transmisión con ejes no alineados o con alineación variable. La norma IRAM [1], similar a otras internacionales, especifica para estos elementos su clasificación, categoría, tamaño estandarizado, velocidad y potencia nominales, y modo de acoplamiento.

Muchas empresas fabrican estos productos [2, 3], ya que su tecnología de diseño y elaboración está muy difundida. Se encuentran disponibles varias investigaciones sobre estos mecanismos [4, 5, 6], y existen innovaciones en su diseño que presentan ventajas respecto de las construcciones clásicas [7]. En un intento de aportar experiencias sobre acoplamientos cardánicos, este trabajo describe los ensayos, cálculos y análisis realizados a un mecanismo de este tipo, usando un freno dinamométrico para emular la carga y un motor eléctrico para el accionamiento, en reemplazo del tractor.

Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio del Grupo CIDEME [8] de la UTN FR. San Francisco, por estudiantes avanzados de ingeniería, supervisados por sus profesores.

2. MÉTODO

Este estudio consistió en verificar los niveles de exigencia mecánica y térmica del acoplamiento, mediante distintos ensayos estandarizados, y comparar los resultados con lo especificado en las normas o con los límites admitidos por los materiales.

La junta cardánica ensayada era de marca Micrón Fresar, tipo Max 22 / Max 24 – TA 1030, de tamaño 6 según IRAM. Fue cedida, sin uso, por el fabricante y tenía 1,82 m de longitud total y 1,25 m de eje. Se probó a una velocidad de 540 1/min y con un par de 1000 Nm, sujetándola por un extremo al motor eléctrico y por el otro al freno dinamométrico, como se muestra en las figuras 1 y 2.

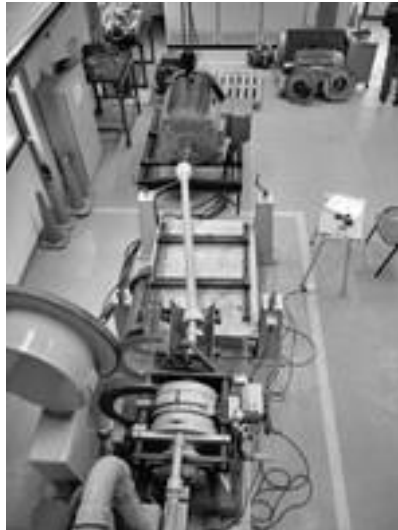


Figura 1. *Ensayo del acoplamiento al dinamómetro (vista superior)*



Figura 2. *Ensayo del acoplamiento al dinamómetro (vista lateral)*

En estas figuras se observa el acoplamiento mientras se prueba con la desalineación de 6° establecida por las normas.

2.1. Ensayo de vibraciones

Se midió el nivel de vibraciones, en primer lugar, con ambos extremos de la barra alineados y, luego, con una desalineación de 6° respecto al eje de rotación; como es usual, las vibraciones se tomaron en los dos extremos y en tres ejes perpendiculares: axial, vertical y horizontal, situando un transductor sobre la carcasa del dinamómetro (extremo de entrega de potencia) y otro en la

tapa delantera del motor de accionamiento (extremo de toma de potencia) (Figs 3 y 4)

Los valores se tomaron en frío y luego de la prueba de calentamiento; fueron estos últimos lo que se tuvieron en cuenta para las evaluaciones posteriores.

Se usó un analizador digital de vibraciones, calibrado y de última generación, que tiene una alta capacidad de registro y que contiene un software de graficación espectral.

Durante este ensayo, el acoplamiento cardánico funcionó a valores nominales de velocidad y torque (para categoría 1 y tamaño 6), que fueron 540 1/min y 1000 N.m (56,5 kW), respectivamente.

2.2 Ensayo de calentamiento

Se mantuvo la junta cardánica funcionando en las condiciones nominales ya indicadas durante dos horas, verificando mediante registros en cada cuarto de hora, la estabilización y normalidad de las temperaturas alcanzadas por los rodamientos de ambos extremos (si hubiera existido alguna anomalía, dichas temperaturas se hubieran disparado rápidamente a valores muy elevados).



Figura 3. Instrumento para medir vibraciones

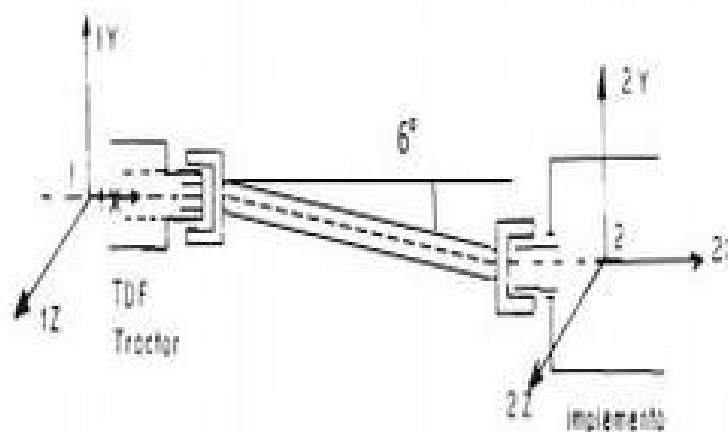


Figura 4. Medición de vibraciones en tres ejes

Se usó, para la medición, una cámara termográfica FLUKE Ti105 de exactitud $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ y provista de software para el graficado y estudio del mapa térmico obtenido.

2.3 Ensayo de rotura del fusible mecánico

Mientras la barra cardánica giraba acoplada al dinamómetro, se incrementó el momento resistente hasta que se produjo la rotura del único tornillo fusible. En tales condiciones, el extremo que entrega la potencia se libera y se detiene, mientras que el resto del mecanismo continúa girando. Se usó, para esta prueba, como también para la de calentamiento, un freno dinamométrico calibrado marca Schenck, con capacidad de 300 kW en 1500 1/min (Fig. 1). El registro del incremento de momento resistente y del valor de rotura se obtuvieron mediante una celda de carga BCL de 10000 N con su placa transductora de fabricación propia y un software estándar de National Instruments, incluidos en el sistema dinamométrico, de clase 0,2.

2.4 Cálculo de las sollicitaciones mecánicas

La barra de transmisión (telescópica) está conformada por dos tubos de perfil trilobular de acero con bajo contenido de carbono que se insertan uno dentro del otro (Figs 5 y 6). Los cálculos consistieron en averiguar los esfuerzos de torsión y el ángulo de deformación producido en dichos perfiles, por la carga de rotura del fusible.



Figura 5. Barra telescópica del cardan, con capuchón plástico de protección

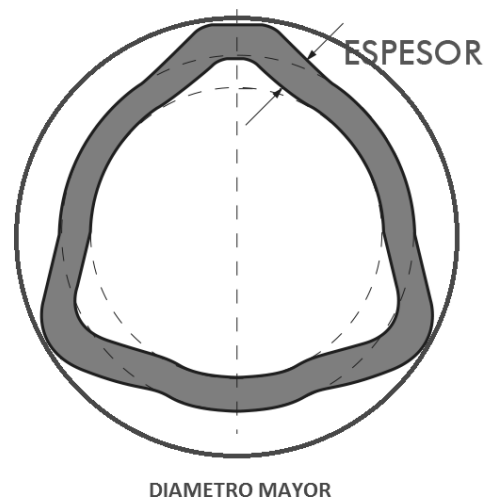


Figura 6. Perfil trilobular de la barra telescópica. Círculos mayor, medio y menor, usados en el cálculo

Se usaron, para resolver estas cuestiones, las expresiones clásicas de cálculo de resistencia de materiales [9] y asemejando cada tubo a un triángulo equilátero, inscrito (por sus vértices) y circunscripto (por el centro de sus lados) a sendos círculos: ecuaciones (1), (2) y (3).

$$\tau_{\max} = 16 M_t \cdot D / \pi \cdot (D^4 - d^4) \quad (1)$$

τ_{\max} : esfuerzo de corte máximo (MPa)
 M_t : momento torsor (Nm)
 D, d : diámetros de los tubos, mayor y menor (m)

$$\theta_{\max} = M_t \cdot L / (G \cdot I_p) \quad (2)$$

$$I_p = \pi \cdot (R^4 - r^4) / 2 \quad (3)$$

θ_{\max} : ángulo de torsión ($^\circ$)
 L : longitud de la barra (1,25 m)
 G : módulo de elasticidad por cizallamiento (Pa)
 I_p : momento de inercia polar (m^4)
 R, r : radios de los tubos, mayor y menor (m)

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas y los cálculos, indicados a continuación, permitieron arribar a conclusiones útiles para optimizar el diseño y para delimitar las condiciones seguras de trabajo del cardan.

3.1 Ensayo de vibraciones

Se observó que la desalineación de 6° produjo, a la velocidad de 540 1/min y como era de esperar, un notable incremento del nivel global de vibraciones, por ejemplo, en el extremo de accionamiento (tractor), sobre el eje vertical. En la Fig. 7, se muestra un espectro de vibraciones (velocidad en mm/s contra velocidad de giro en ciclos por minuto), con el eje alineado, en el que se destacan los armónicos 1°, 2°, 3°, 4°, 10° y 13°, de mayor amplitud (540, 1080, 1620 y 2160, 5400 y 7005 1/min), en donde se destaca el principal, de 0,85 mm/s

En Fig. 8, con el eje desalineado, se observan cuatro armónicas principales (540, 1080, 1620 y 2160 rpm) cuyo mayor valor se acerca a los 2,8 mm/s. La escala de este gráfico es distinta a la del anterior.

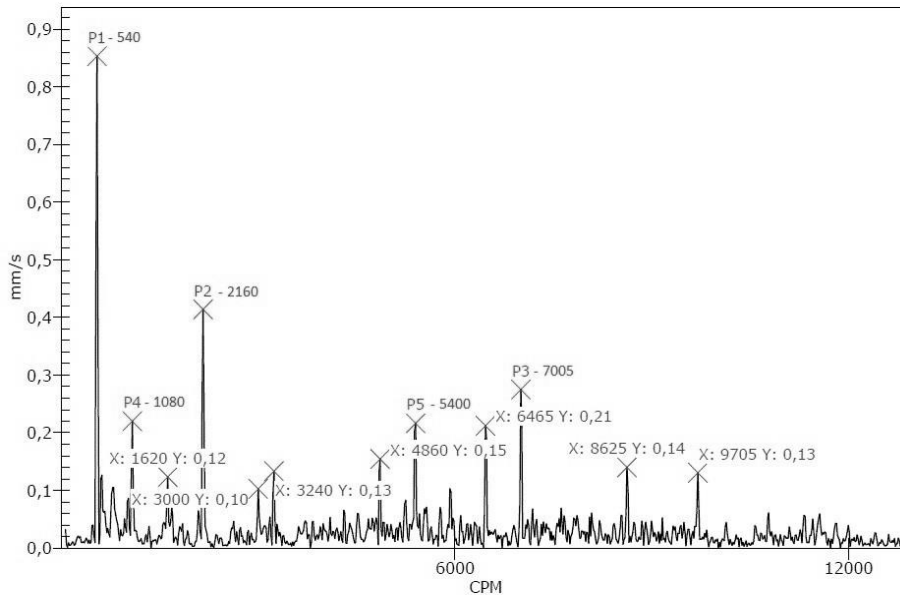


Figura 7. Espectro de vibraciones vertical, cardan alineado

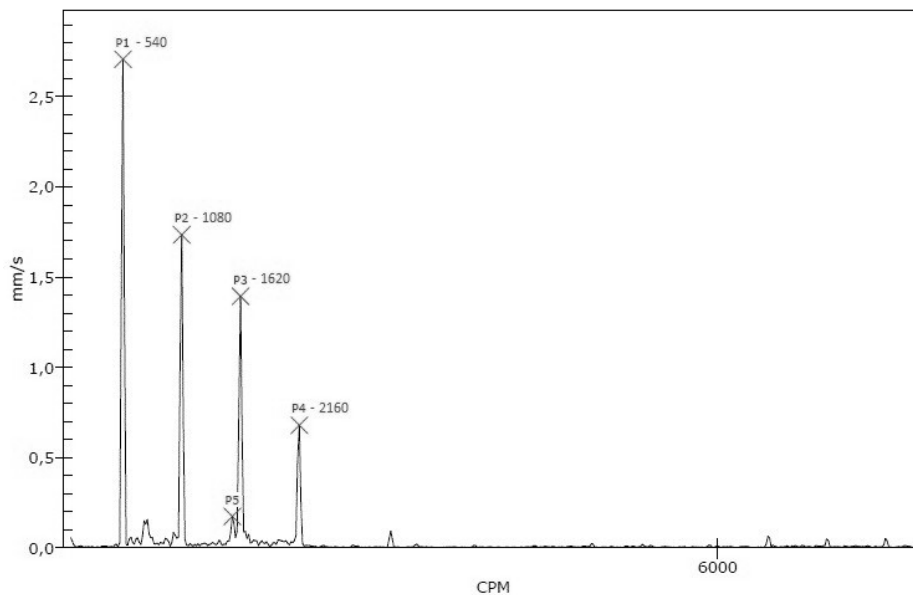


Figura 8. Espectro de vibraciones vertical, cardan desalineado

En la tabla 1 se indican los valores globales de vibraciones en ambos extremos del cardan, cuando el eje está alineado.

Tabla 1. Valores globales de vibraciones en los extremos del cardan (alineado)

	Extremo toma potencia (tractor) (mm/s)	Extremo entrega potencia (implemento) (mm/s)
Axial (X)	5,04	2,69
Vertical (Y)	4,42	1,63
Horizontal (Z)	2,63	2,15

3.2 Ensayo de calentamiento

Como ya se mencionó, la estabilización térmica se alcanzó luego de dos horas de funcionamiento en las condiciones nominales indicadas, tanto alineado como desalineado. Los registros de temperatura se realizaron cada 15 minutos. Al final, se tomaron las imágenes térmicas.

En la tabla 2 se muestran los saltos térmicos estabilizados, respecto de la temperatura ambiente, de ambos extremos del cardan, en las mencionadas condiciones de acoplamiento; fueron mayores cuando el eje estuvo desalineado, algo similar a lo ocurrido con los niveles de vibraciones.

Tabla 2. Valores de los saltos térmicos en extremos del cardan

	Extremo toma potencia (tractor) (K)	Extremo entrega potencia (implemento) (K)
Cardan alineado	9,80	6,70
Cardan desalineado	14,6	13,4

En las Figs. 9 y 10, se muestran imágenes térmicas de los extremos del accionamiento, obtenidas con cámara termográfica.

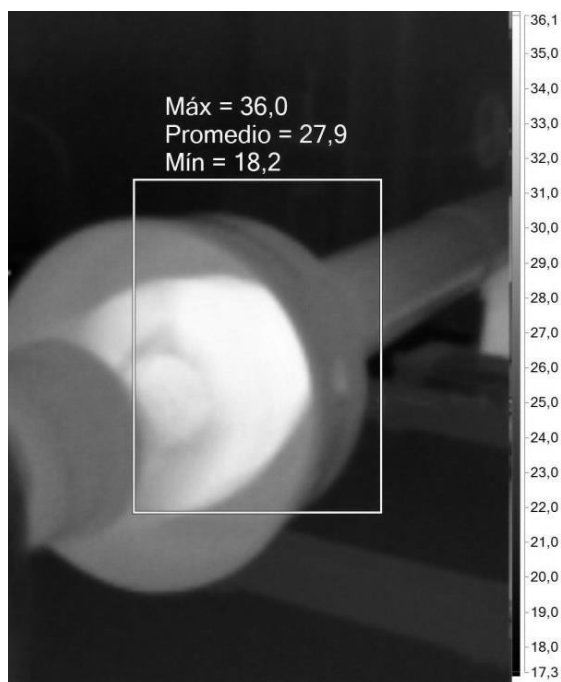


Figura 9. Imagen térmica del extremo tractor

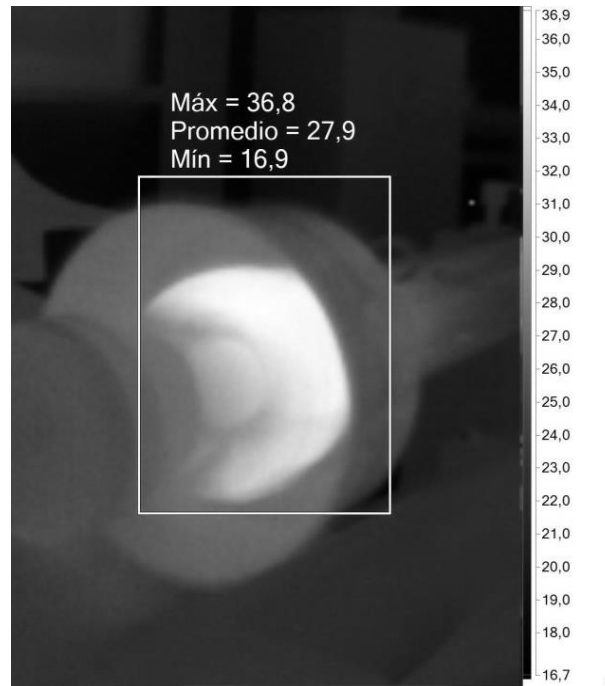


Figura 10. Imagen térmica del extremo implemento

3.3 Ensayo de rotura del fusible mecánico

Se comprobó el momento resistente que ocasionó la rotura del fusible mecánico, un tornillo que debe cortarse ante una sobrecarga o por bloqueo del eje. Con el acoplamiento girando alineado, se incrementó el par hasta que se produjo la rotura del tornillo. Este dato es importante para verificar la capacidad máxima instantánea del mecanismo. En la Fig. 11, se presenta la curva del par en N·m en función del tiempo (número de muestras continuas) durante el ensayo. El valor de rotura fue de 1600 N·m para un único tornillo fusible. La Fig. 12 muestra la curva de velocidad del eje, que fue de 1000 1/min para esta prueba, por razones de capacidad del dinamómetro (a menores velocidades, este dinamómetro, por sus características hidrodinámicas, no admite la producción de los pares resistentes requeridos para la prueba) . Las experiencias arrojaron valores similares, en tres tornillos de muestra.

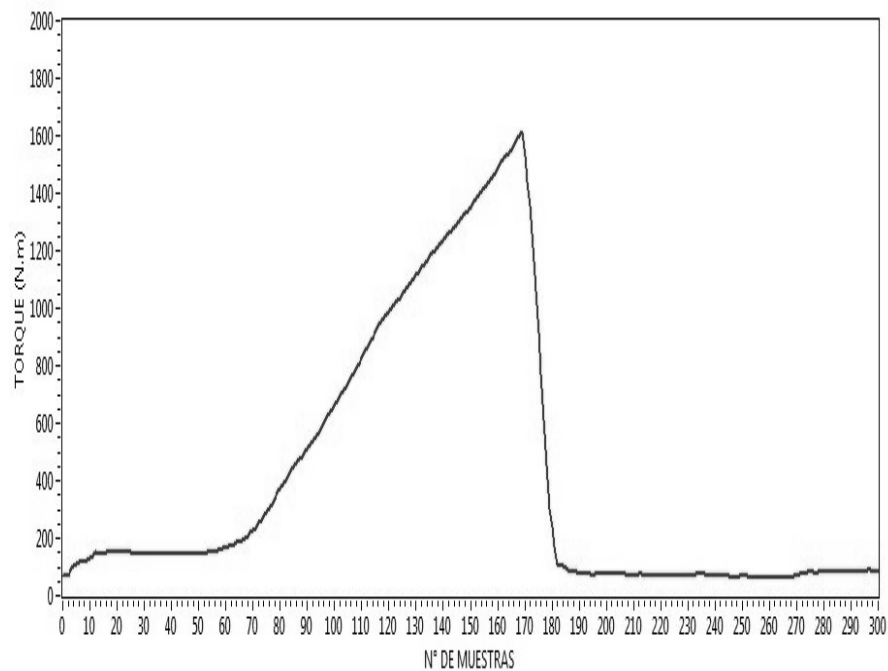


Figura 11. Curva del momento en función del tiempo

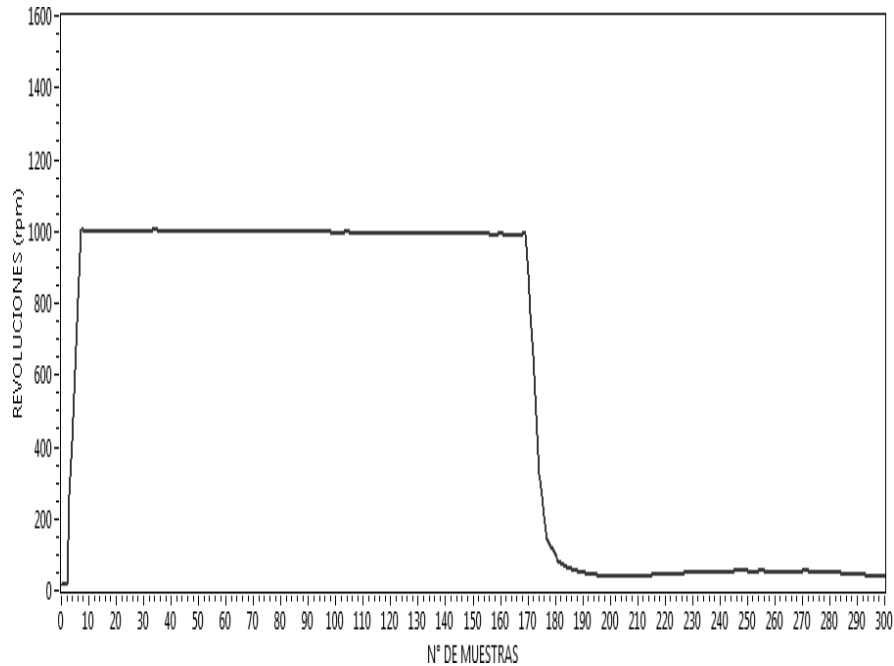


Figura 12. Curva de velocidad en función del tiempo

3.4 Cálculo de las solicitaciones mecánicas

Con el relevamiento del acoplamiento, se calcularon los esfuerzos de corte en el tornillo fusible y de torsión en el tubo trilobular que constituye el eje extensible del mecanismo para un par extremo de 1600 N·m, además del ángulo de torsión. Se usaron las expresiones de las ecuaciones (1), (2) y (3).

- Para el tornillo fusible, de 7,9 mm de diámetro y 49,5 mm² de sección, se obtuvo un esfuerzo de corte de 507 MPa.
- El tubo trilobular externo tiene un diámetro exterior de 63 mm y 4 mm de espesor; el esfuerzo de corte medio obtenido fue de 79,4 MPa.
- El caño interno tiene un diámetro mayor de 52 mm y 5,5 mm de espesor. El esfuerzo fue de 96,2 MPa.
- Para 1600 N·m, el ángulo de torsión máximo del tubo telescópico fue aproximadamente de 0,15°.

4. CONCLUSIONES

Aún en las condiciones de desalineación normalizadas, el nivel de vibraciones no superó los valores razonables (Fig. 13, grupos A y B, potencia menor de 300 kW); éstos incluyeron las vibraciones que pudo transmitir el motor y el freno dinamométrico. Sin embargo, las condiciones de trabajo reales son más exigentes, sobre todo ante cambios de dirección o cargas anormales transitorias.

Las temperaturas en las condiciones de prueba fueron aceptables, considerando que no se produjo el licuado de la grasa de lubricación, que ocurriría aproximadamente a unos 130 °C. Aún a altas temperaturas ambiente en condiciones normales, resta un amplio margen para llegar al valor indicado.

El par de rotura del fusible mecánico fue el esperado, aproximadamente 1,6 veces el par nominal.

Las solicitaciones mecánicas de los tubos telescópicos se calcularon para valores límites de momento resistente y los resultados no resultaron excesivos; de hecho, están muy lejos del módulo del elasticidad transversal del acero (aproximadamente 85000 MPa [11, 12] , suponiendo un tipo SAE 1010). Por lo tanto, estos esfuerzos no produjeron anomalías ni deformaciones notorias.

Naturalmente, el daño que pueda originarse durante el funcionamiento en campo guardará estrecha relación con la actuación del fusible mecánico.

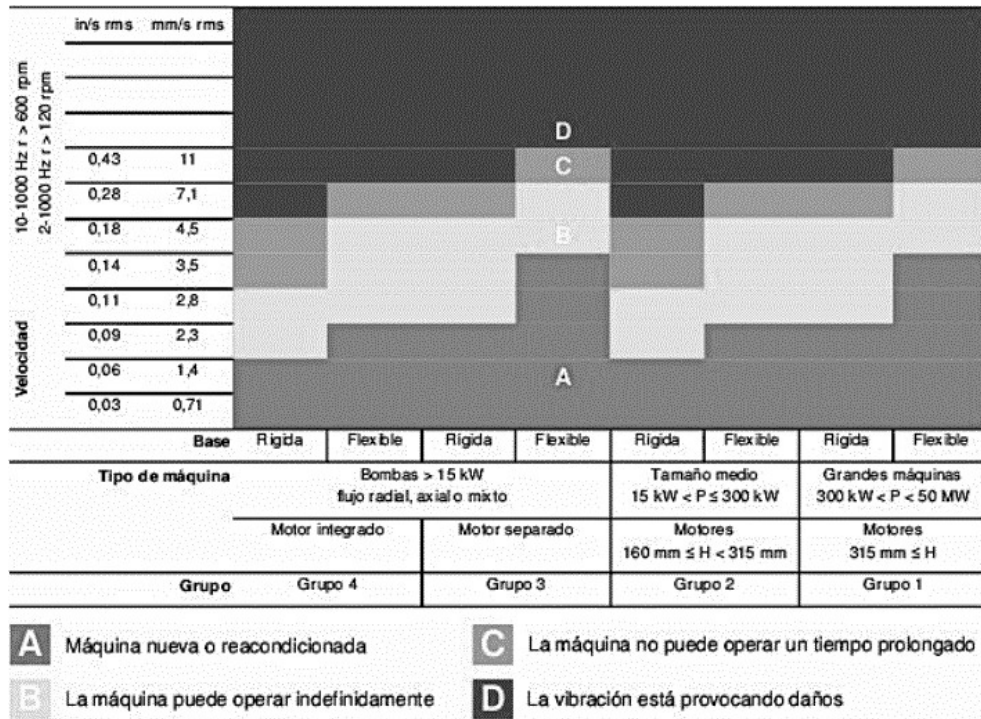


Figura 13. Gráfico referencial de vibraciones admitidas [10]

Esta experiencia y sus resultados, sumada a las similares que se han realizado en este laboratorio en los últimos años, permitirá continuar con las investigaciones y aplicaciones referidas a los cardanes, entre las que se pueden citar:

- a) Mejorar la sistematización de los ensayos de estos equipos en un ámbito controlado.
- b) Proporcionar un medio para ensayar a rotura los fusibles mecánicos de este tipo de accesorios.
- c) Trazar un mapa más preciso de la dependencia del nivel de vibraciones con la desalineación vertical y horizontal del acoplamiento.
- d) Brindar al fabricante asesoramiento sobre la racionalización de sus materiales.

La óptica de este último punto apunta a una reducción de los costos de fabricación del cardan.

REFERENCIAS

- [1] Norma IRAM 8065-1. *Maquinaria Agrícola Acoplamiento cardánico, tractor-máquina agrícola* (1998)
- [2] Voith. *Catálogo técnico sobre Ejes de punta universal de alto rendimiento* (2019).
- [3] Tecnopower. *Catálogo técnico sobre Juntas universales cardan y conjuntos telescópicos* (2019).
- [4] Álvarez Mejía, F. *Medidas de vibración de una junta cardánica acoplada entre tractor e implemento*. Universidad Nacional De Colombia (1990).
- [5] Asonja, A; Desnica, E. *Reliability of agriculture universal joint shafts based on temperature measuring in universal joint bearing assemblies*. Spanish Journal of Agricultural Research, Vol 13, No 1 (2015).
- [6] Piovan, M.T. *Juntas articuladas o universales*. UTN-FRBB. Cátedra Elementos de Máquinas (2014).
- [7] Domínguez, E. J., & Ferrer, J. *Sistemas de transmisión y frenado*. Editex (2012).
- [8] Gallo, O. *Convenio Universidad – Empresa. Grupo CIDEME*. Edutecne (2017).
http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/CIDEME_2017.pdf
- [9] Gere, James M. *Resistencia de materiales*. Ed.: Ites – Paraninfo. Madrid (2006).
- [10] Carlos Rubiano Matoma. *Implementación de los resultados del análisis de la vibración en la planeación del mantenimiento, para la categorización y clasificación de la severidad de la vibración de equipos en casa Luker SA* (2017).
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2476/Rubianocarlos2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Wikipedia. Anexo: *Constantes elásticas de diferentes materiales* (2019).
https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Constantes_el%C3%A1sticas_de_diferentes_materiales
- [12] Shackelford, James F. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. Ed. Pearson Education (Ed. 6). Madrid (2005).

Análisis estructural de equipo del sector de la construcción para la industria local

W. R. Tonini*; D. Damia; M. O. I. Castellano; D. E. Ferradas

**Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco
DeSiMec (Grupo de investigación y desarrollo de Simulaciones mecánicas)
Avenida de la Universidad 501 (2400) San Francisco. Provincia de Córdoba. ARGENTINA.
wtonini@sanfrancisco.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Este trabajo pretende materializarse en un prototipo de una carretilla para la empresa DAMIA Hnos. S.A. de la ciudad de San Francisco. Se optó por los Métodos Numéricos como instrumento de apoyo a la innovación, las simulaciones computacionales constituyen un complemento esencial para la industria permitiendo reducir la necesidad de experiencias con prototipos y comparar fácilmente distintas alternativas de diseño para llegar al óptimo ingenieril.

El diseño expuesto de la nueva carretilla es el resultado de la sinergia de los datos obtenidos de tres áreas de análisis. Primero se relevó el diseño y el proceso de fabricación actual del producto carretilla. El segundo paso llevó a cabo un análisis ergonómico sobre las tareas comunes realizadas por operarios en los posibles escenarios de utilización del equipo, aportando datos formales en esta área que contribuyeron a la definición de parámetros geométricos del diseño optimizado.

Por último, la aplicación sobre la estructura del análisis por Elementos Finitos mediante software comercial para comprender el comportamiento estructural.

Los datos revelaron varios criterios de diseño y se pudo definir parámetros más claros y concisos para la nueva estructura de la carretilla, que cumple con los objetivos de optimización previstos. Al aplicar sobre el diseño optimizado las simulaciones computacionales se observaron mejoras como disminuciones de las tensiones solicitadas a la estructura, reducción de esfuerzos para el operario, optimización del tiempo y simplificación del proceso de manufactura gracias a la propuesta de incorporación de maquinaria de mayor tecnología. Es una ampliación de aplicación y continuidad del proyecto IPUNSF0003993 "Diseño y simulación de modelos estructurales destinados a la industria".

Palabras Claves: Diseño, Innovación, Simulaciones, Optimización, Carretilla.

ABSTRACT

This paper consists of a prototype of a wheelbarrow for the company DAMIA Hnos. S.A. from the city of San Francisco. Opted for numerical methods as an instrument to support innovation. Computational simulations are an essential complement to the industry, allowing us to reduce the need for experiences with prototypes and easily compare different design alternatives to reach the optimal engineering.

The exposed design of the new wheelbarrow is the result of the synergy of the data obtained from three areas of analysis. First, the design survey and current manufacturing process of the trolley product. The second step carried out an ergonomic analysis of common tasks by operators in the possible scenarios of use of the equipment, providing formal data in this area that contributed to the definition of geometric parameters of the optimized design.

Finally, the application on the structure of finite element analysis through commercial software to understand the structural behavior.

The data revealed several design criteria and could be defined clearly and more concise parameters for the new structure of the wheelbarrow, achieving the planned optimization objectives. Applying computational simulations on the optimized design demonstrate improvements such as stress reduction requested to the structure, less operator's efforts, time reduction and a simplified manufacturing process due to the proposal of incorporating a greater technology machinery. It is an extension of application and continuity of the IPUNSF0003993 project "Design and simulation of structural models for the industry".

1. INTRODUCCIÓN

Los elementos de transporte manuales datan de hace mucho tiempo, su evolución es continua según su utilización y materiales disponibles. Una carretilla puede describirse como un contenedor móvil provisto con dos brazos y rueda que se utiliza para el transporte humano de pequeñas cargas a distancias cortas [1]. Su principio de funcionamiento fue descrito matemáticamente en la Colección de *Pappus de Alejandría*, una obra escrita alrededor del año 340, en donde Arquímedes lego su célebre frase "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo" [2].

En los tiempos actuales donde el mundo se globaliza y las importaciones de diversos bienes amenazan la Industria Nacional en ciertas áreas, se debe innovar en diseño y producción para lograr la equidad comercial y ser económicamente equilibrado, utilizando los conocimientos científicos y tecnológicos disponibles en el país. Este es el problema relevado objetivamente en la empresa DAMIA HNOS S.A. de la ciudad de San Francisco (de ahora la empresa) desde la UTN- FRSFCO. La empresa tuvo la necesidad de actualizar sus productos para ser competitivos ante el actual mercado, solicitando a la facultad la ayuda profesional y de sus investigadores para lograr innovarlos.

Las actividades a realizar por el grupo DeSiMec se orientan hacia la promoción de la innovación tecnológica y organizacional mediante actividades sustantivas de investigación aplicada, experimentación adaptativa en sistemas reales de producción, extensión y transferencia de tecnología para la promoción del desarrollo regional.

Se optó por los métodos numéricos como instrumento de apoyo a la innovación, los que se convirtieron en una herramienta esencial para el científico y el tecnólogo modernos, ya que permiten resolver casos que en el pasado eran prácticamente imposibles de resolver por métodos tradicionales. Las simulaciones computacionales constituyen un complemento esencial para la industria permitiendo reducir la necesidad de experiencias con prototipos (caros y demandantes de mucho tiempo) y comparar fácilmente distintas alternativas de diseño para llegar al óptimo ingenieril.

Este trabajo tiene como objetivo general innovar el diseño y la fabricación de carretillas utilizando diversos puntos de vista de análisis para aumentar la productividad regional con posible sustitución de importaciones y establecer pautas ergonómicas como base para enriquecer el debate de la normativa de seguridad e higiene en el sector. Para lograrlo, se relevaron los diseños y los procesos productivos actuales del equipo específico carretilla con técnicas de gestión de la producción y elementos de medición estándares, que serán utilizados como punto de partida para los análisis de mejora. Lo que se pretende mejorar es el diseño, con una componente de innovación, que optimice los esfuerzos estructurales y la aplicación de distintos materiales; mejorando al menos 1 (un) aspecto ergonómico; y por otro lado, aplicar simulaciones computacionales utilizando software de origen comercial como SolidWorks Simulations® para evaluar el comportamiento de un modelo estructural basado en elementos mixtos de vigas y cáscaras que reproduzca los esfuerzos de trabajo carretilla de la empresa.

El presente desarrollo es una ampliación de aplicación y continuidad del proyecto IPUNSF0003993 "Diseño y simulación de modelos estructurales destinados a la industria." dentro de la UTN- Facultad Regional San Francisco. La transferencia de la experiencia obtenida hacia las cátedras de Elementos de Máquinas y Organización Industrial se formaliza con una exposición en clases con la intención de lograr una familiarización de estas técnicas y herramientas de simulación para que perpetúe su desarrollo entre los alumnos de futuros años.

3. METODOLOGÍA Y CONSIDERACIONES PRELIMINARES

El diseño expuesto de la nueva carretilla es el resultado de la sinergia de los datos obtenidos de tres áreas de análisis. Primero se relevó el diseño y el proceso de fabricación actual de una carretilla de estructura tubular, caja de chapa plegada y rueda maciza; mediante el uso de instrumentos de medición y técnicas actuales de producción para conocer con exactitud el estado del equipo carretilla y su proceso de fabricación.

El segundo paso llevó a cabo un análisis ergonómico sobre las tareas comunes por operarios en los posibles escenarios de utilización del equipo, aportando datos formales en esta área que contribuyeron a la definición de parámetros geométricos del diseño optimizado.

Por último, la aplicación sobre la estructura del análisis por Elementos Finitos mediante software comercial, que permitió comprender los fenómenos estructurales lineales que pueden estar presentes en estas estructuras y obtener algunas conclusiones que aportaron al diseño innovador. Las principales modificaciones sobre el modelo original constan de cambios en las especificaciones para el diseño, basadas en propuestas dadas por la experiencia de los integrantes.

3.1. Relevamiento del diseño y proceso de fabricación

Realizada la primera etapa de relevamiento de planos y procesos se comenzó a investigar sobre todos los puntos plantados para el trabajo, las cuales son: las reglamentaciones vigentes en Argentina para uso de carretilla.

Se modelaron los equipos con herramientas de CAD, adoptando el paquete de SolidWorks® versión educativa que posee la Universidad. Se determinan las cargas actuantes sobre el producto según el uso general del mismo y se plantean las condiciones de borde que son el punto de partida para probar las hipótesis de simulación.

3.2. Análisis ergonómico

La normativa nacional no tiene avances sobre la fabricación y utilización de carretillas, ni en la regulación de prototipos físicos, identificación de las cargas, la forma de aplicarlas y las desviaciones estructurales admitidas, más allá de las normativas generales de seguridad eléctrica y de barandas [3,4].

De la investigación se pudo recopilar información y se buscó la manera de hacer la carretilla lo más ergonómica posible para el promedio de la población argentina, en donde se tiene en cuenta la altura promedio del hombre y su separación entre hombros, además de la posición del refuerzo entre apoyos de la herramienta para que no moleste en su traslado.

De esta manera los factores intervinientes en la mejora ergonómica para la modificación del chasis se pudieron resumir en los siguientes:

1. Altura de las manijas al suelo.
2. Separación entre manijas.
3. Posición del refuerzo entre apoyos.
4. Carga máxima útil del producto.
5. Fuerza necesaria para su utilización, modificando el punto de apoyo y la distancia del peso al punto de aplicación de la fuerza.
6. Tipo de rueda para absorción de impactos.

Para poder realizar los cálculos para cumplir con los puntos 1 y 2 de dimensiones del chasis se utilizó la siguiente información: “Las medidas del hombre argentino promedio son 100,8 cm / 89,6 cm / 94,6 cm. 1,74 m de altura y 74,4 kg. Los datos surgen de un censo de medidas que viene realizando desde hace dos años la división de textiles del INTI.” Con esto en cuenta, se eligió una altura de manijas al suelo de 70 cm. (fig. 1) y una separación de 50 cm (fig. 2).

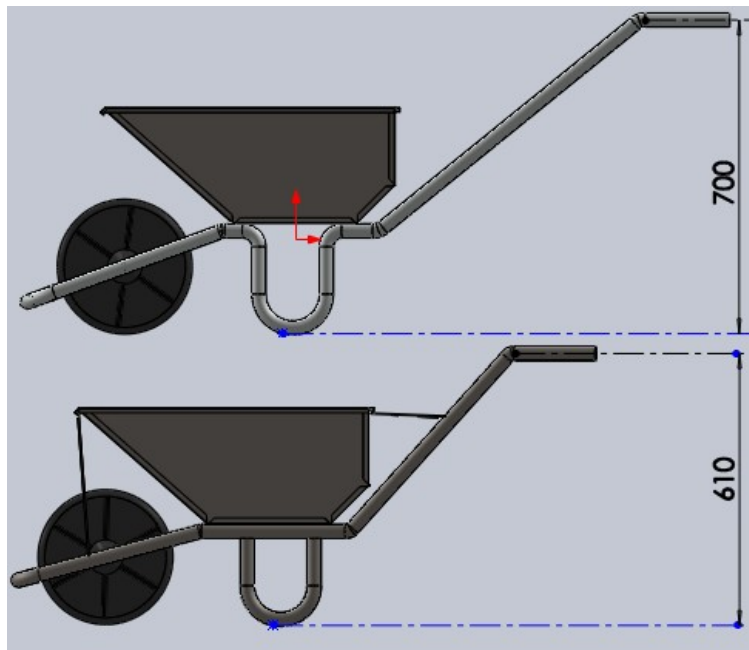


Figura 1 Comparativa entre modelo reformado (arriba) y modelo actual (abajo).

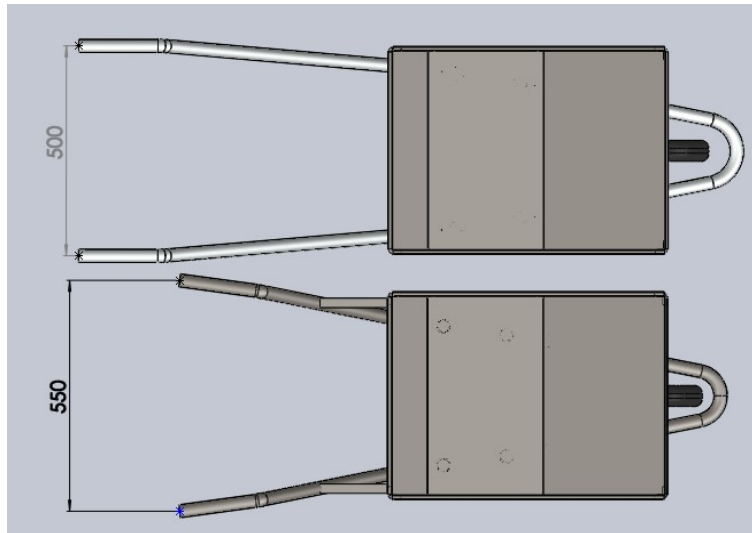


Figura 2 Comparativa entre modelo reformado (arriba) y modelo actual (abajo).

Con respecto al punto 3 se decidió cambiar la posición del refuerzo entre los apoyos del punto cercano a la persona al punto cercano a la rueda para que no interfiera en el caminar de la misma. En el punto 4 se realizó una simulación (se expone más adelante) para corroborar que la estructura y la batea resistan los 70 litros de capacidad de la batea cuando esta está completamente cargada de hormigón. Para lograr cumplir con el punto 5, en el diseño del chasis se consideró la carga máxima y se fueron variando la distancia del centro de masa al punto de apoyo y la distancia del centro de masa al punto de aplicación de la fuerza. Por esta razón en las figuras 1 y 2 se puede observar que el chasis es considerablemente más largo en el modelo reformado. Para lograr esto se utilizó la ley de la palanca

$$P * B_p = R * B_r \quad (1)$$

Para el caso de palanca de 2° grado.

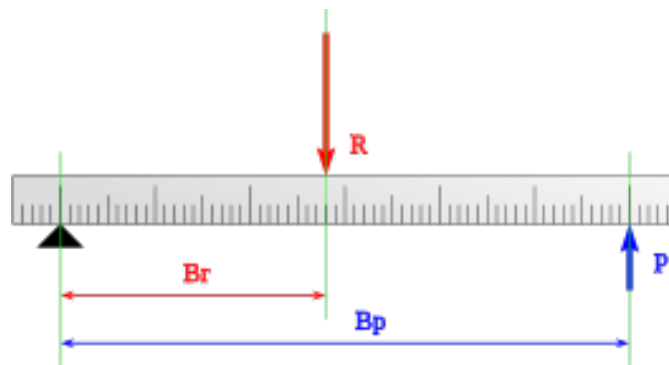


Figura 3 Palanca de 2° grado.

Finalmente para poder cumplir con el punto n° 6 se optó por reemplazar la rueda de goma compacta por una ruda neumática, ya que esta tiene mayor capacidad de absorción de impacto.

3.3. Simulación por el método de elementos finitos con SolidWorks Simulations®

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de problemas de valores en la frontera caracterizados por ecuaciones diferenciales ordinarias o ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que gobiernan la evolución espacio/temporal de una gran variedad de problemas en física e ingeniería [5]. Este método nace en los años 50/60 como herramienta para resolver problemas asociados a la teoría de la elasticidad. En la actualidad, existen numerosos programas comerciales que utilizan el método de elementos finitos para resolver diversos problemas de ingeniería. Se prefirió al software SolidWorks Simulations® [6] (anteriormente llamado COSMOS) por su disponibilidad en la Facultad.

Actualmente no hay normativa nacional que especifique los lineamientos mínimos de carretillas ni su forma de ensayarlos; menor aún es su aporte con las simulaciones numéricas como remplazo o posible alternativa sustituta de estos ensayos y pruebas [7]. Además, el Comité internacional ISO aún no adopta un método o procedimiento para validar el ensayo de estas normativas por medio de simulaciones por computadora; actualmente, este tema es motivo de debates [8]. La utilización de técnicas numéricas basadas en el método de elementos finitos sin duda constituye un camino sustentable para el análisis de diferentes configuraciones estructurales que permitan, de esta manera, minimizar el número de prototipos físicos y por ende el coste y tiempo de desarrollo [5,6]. Por cuestiones de respetar el convenio marco y específico con la empresa, no se revelan todas las medidas del diseño ni las especificaciones de los materiales, solo las que se consideran necesarias para explicar de la mejor forma posible el trabajo realizado.

Las simulaciones realizadas permitieron comprender los fenómenos estructurales lineales que pueden estar presentes en estas estructuras y obtener algunas conclusiones que aportaron al diseño innovador.

3.3.1 Estructura de la batea

El primer paso fue realizar un análisis de la batea o recipiente contenedor, calculando el peso máximo que puede transportar. El caso más desfavorable es la batea hecha de hormigón, ya que los escombros y ladrillos dejan espacios con aire que disminuye la densidad a igual volumen. El peso considerado para la simulación es de 140 Kg. y se calculó considerando una densidad media para el hormigón de 2,40 Kg/dm³ y un volumen de 58,33 dm³ utilizando con la conocida ecuación 2 de la definición de densidad:

$$\delta = m / V \quad (2)$$

Donde:

δ : densidad

m : masa (en sistema técnico es Kg Fuerza)

V : volumen

Luego se establecieron las condiciones de borde, considerando la rueda como punto de apoyo y las manijas como elemento donde se aplica la fuerza de reacción que soporta el peso propio de la carretilla y el de su material de transporte.

En la simulación, se usó malla tipo SHELL (2D) con elementos triangulares sobre el modelo de la batea por ser una pieza de chapa metálica es la que mejor se adapta, en el primer modelo (figura

4) no colocamos refuerzos en las aristas superiores y los resultados nos advirtieron que reforzáramos esta zona:

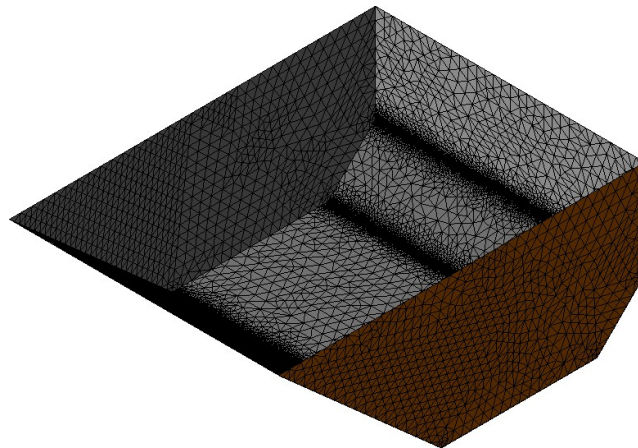


Figura 4 Malla SHELL sobre batea

La simulación es de tipo lineal ya que no consideramos en este trabajo los efectos dinámicos que pueden estar presente en los caminos cotidianos que se recorren con estos equipos. Se decidió por el criterio de falla de Von Mises, concluyendo que la concentración de cargas se da en los vértices de la batea y en pocos nodos cuyo error por norma de energía también es alto:

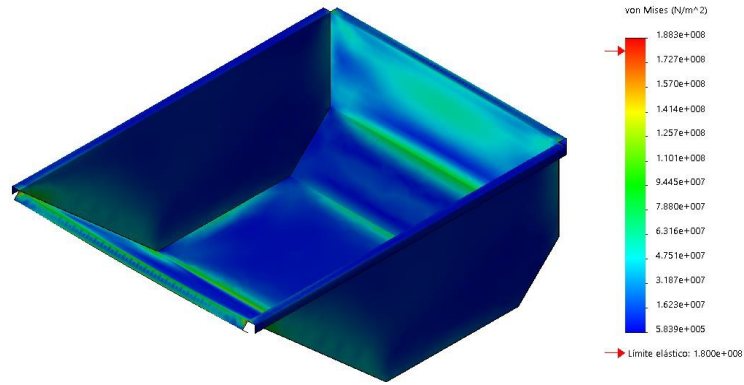


Figura 5 Tensiones de Von Mises sobre la batea

3.3.2 Estructura del chasis

En cuanto a la estructura tubular que conforma el chasis de la carretilla se diseñó en un solo cuerpo doblado en tres dimensiones, con objeto de evitar los tiempos de soldadura y en concordancia con las mejoras propuesta. El mallado utiliza elementos tipo viga de dos nodos (1D) que pueden resistir cargas de flexión, cortantes y de torsión, además de ser de rápido procesamiento [9,10]. La geometría resultante y su malla se presentan a continuación:

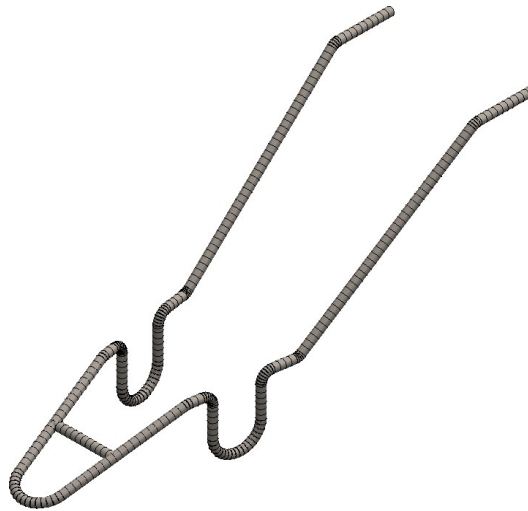


Figura 6 Malla de elementos viga aplicada en la estructura portante o chasis

La realización de varias simulaciones, variando las dimensiones de alto y largo del brazo de palanca se canalizó a la geometría definitiva dando una deformación aceptable de aproximadamente unos 6 mm en el brazo como indica la figura:

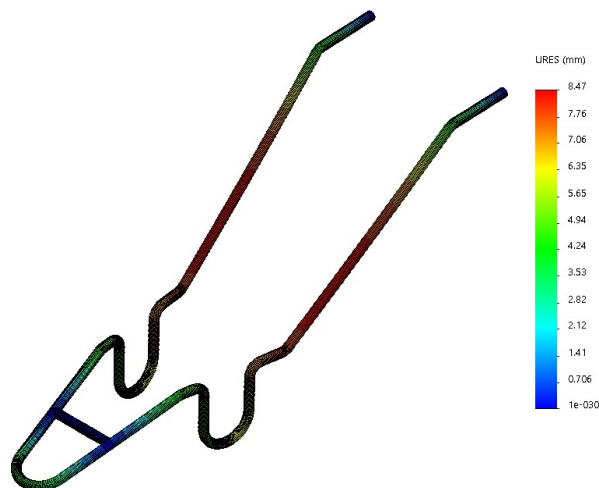


Figura 7 Deformaciones unitarias URES

3.3.3 Estructura carretilla

Se alcanzó vincular las mallas shell con las de tipo viga para poder comprender como funciona el conjunto, manipulando malla incompatible donde no hay una correspondencia de nodo a nodo entre cada tipo de malla de cada entidad en contacto.

El método consistió en optar por mallas de tamaño de elementos grandes y se fue afinando (achicando el tamaño) para observar la convergencia de los resultados. Las condiciones de borde como fijaciones y cargas, son idénticas a las anteriormente mencionadas en los apartados 3.3.1 y

3.3.2 y trasladadas al conjunto completo como lo muestra la imagen:

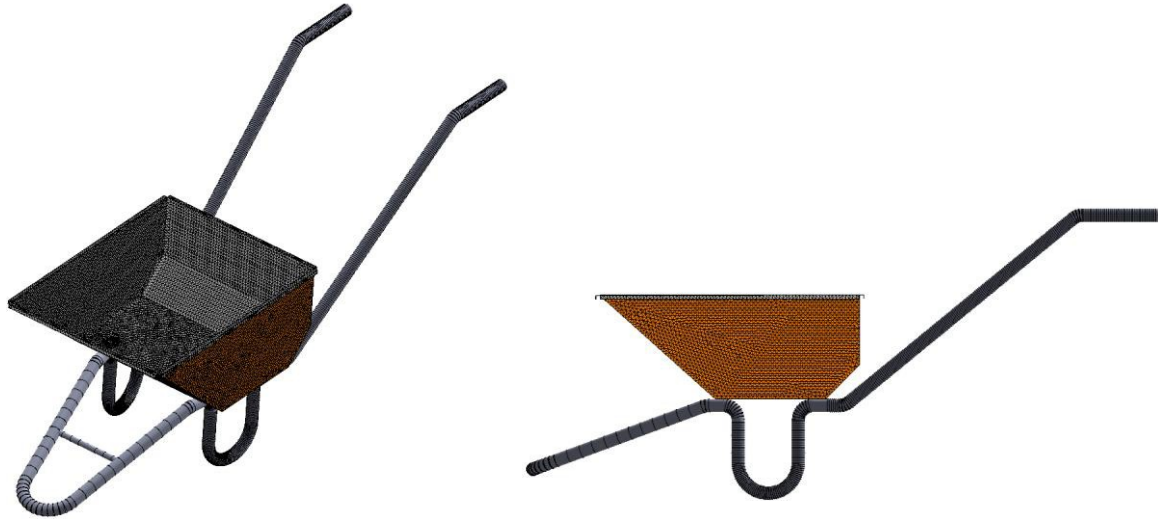


Figura 8 *Malla mixta*

Los resultados de las simulaciones mostraron en general buenas condiciones de resistencia, localizando los vértices de la batea como puntos de mayor tensión. Además, el brazo o perfil más largo del chasis es el que sufre mayor deformación pero dentro de los límites aceptables para el acero seleccionado.

4. CONCLUSIONES.

Los datos revelaron varios criterios de diseño y se consiguió definir parámetros más claros y concisos para la nueva estructura de la carretilla, que cumple con los objetivos de optimización previstos. Se demostró la mejora al aplicar sobre el diseño optimizado las simulaciones computacionales y observar la disminución de las tensiones que solicitaban a la estructura, la mejora en disminución de esfuerzos para el operario al introducir dimensiones mejor adaptadas al percentil de tamaño físico, y por último, la reducción de tiempos y simplicidad del proceso de manufactura gracias a la propuesta de incorporación de maquinaria de mayor tecnología.

Se logró una buena experiencia en el manejo de las herramientas de simulación comerciales SolidWorks Simulations®.

Como derivado, la transferencia de la experiencia obtenida hacia las cátedras de Elementos de Máquinas y Organización Industrial con la intención de favorecer, entre los alumnos de futuros años, la familiarización con estas técnicas y herramientas de simulación para que perpetúe su desarrollo.

5. REFERENCIAS.

- [1] Wikipedia, (Online, 11-Abril-2017). Disponible: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Brouette>.
- [2] Wikipedia, (Online, 11-Abril-2017). Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>.
- [3] "InfoLEG - Ministerio de Economía y Finanzas Públicas - Argentina." (Online, 19-Mar- 2019). Disponible: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/245000-249999/246272/norma.htm>.
- [4] IRAM 3578, (1989), "Protecciones de seguridad en maquinarias".
- [5] Wikipedia, (Online, 18-Ago-2018). Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_los_elementos_finitos.
- [6] 2015 © DassaultSystèmes, "Structural Analysis" (Online, 15-May-2018). Disponible: <http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/structural-analysis.htm>.
- [7] Sanzi, H., Asta, E., "Lineamientos generales para el diseño estructural de bastidores y trailer de vehículos de transporte, construidos en nuestro país". *Aplicación de normas internacionales, Consultec, C. A. B. A., & Argentina, R. H. B. A.*
- [8] Garat, Joaquín, (25 Abril 2017), "Consulta sobre carretillas y hormigoneras", *Coordinador Técnico, IRAM*, correo electrónico.
- [9] Carlos Felippa, (2011), "Introduction to Finite Element Methods", *Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder*.
- [10] R. C. Batra, (2009), "An Introduction to the Finite Element Method", *Class Notes, ESM 5734, Department of Engineering Science & Mechanics, Virginia Polytechnic Institute & State University*.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la empresa DAMIA Hnos S.A. por toda su predisposición.

Este trabajo se financió parcialmente con el PID (Proyecto de Investigación y Desarrollo) "Diseño, Modernización, Simulación y Fabricación de Equipo Innovador en el Sector de la Construcción", desarrollado en la Facultad Regional San Francisco de la UTN, homologado por Rectorado de UTN con el código IPUNSF0005020.

La función diseño en ingeniería metodología por nodos críticos

Dr. Ing. Ferradas, Daniel Eduardo*; Ing. Tonini, Walter; Vachetta, Andrés

** Facultad Regional San Francisco - Universidad Tecnológica Nacional -
Grupo de Investigación en Diseño y Desarrollo de Productos - IDDEP
Av de la Universidad 501 San Francisco, Córdoba
deferradas@gmail.com*

RESUMEN

La ingeniería está íntimamente vinculada al diseño con desafíos ponderados en función del grado de complejidad del objeto del diseño, no solo desde los conocimientos de ingeniería sino también en la necesidad de establecer un orden conectivo y organizativo de las múltiples variables intervinientes. Disponer de herramientas con lazos conectivos en sus etapas, reordenan y establecen la retroalimentación necesaria para tomar acciones correctivas en función de interrelaciones de partes que en forma primaria no se visualizan, constituyéndose así en nodos esenciales o críticos del proceso de diseño en ingeniería. La aplicación de una metodología sistémica asociada al diseño integral del producto permite vincular esas variables mediante nodos de interacción en los que ellas se conjugan para alcanzarlo, debiéndose establecer un orden de relevancia de las mismas y analizar sus interacciones e impacto en el sistema mediante nodos críticos, que ponen de manifiesto la necesidad de nuevas variables de mutación que retroalimentan al proceso en lazos de ponderación, asociación e interacción, en un enfoque sistémico con un objetivo en común y dotado de una sumatoria de elementos relacionados entre sí.

Palabras claves: Ingeniería – Diseño – Nodos críticos – Metodología – Sistémica

ABSTRACT

Engineering is closely linked to design with weighted challenges depending on the degree of complexity of the design object, not only from engineering knowledge but also in the need to establish a connective and organizational order of the multiple intervening variables. To have tools with connective ties in their stages, reorder and establish the necessary feedback to take corrective actions based on interrelationships of parts that in primary form are not visualized, thus becoming essential or critical nodes of the engineering design process. The application of a systemic methodology associated with the integral design of the product allows linking these variables through interaction nodes in which they are conjugated to achieve it, having to establish an order of relevance of the same and analyze their interactions and impact on the system through critical nodes, which highlight the need for new mutation variables that feed the process into weighting, association and interaction ties, in a systemic approach with a common objective and endowed with a sum of related elements.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño es un proceso complejo, con aspectos intrínsecos que constituyen desafíos en función de su grado de complejidad, no solo desde los conocimientos de ingeniería sino también en la necesidad de establecer su orden conectivo y organizativo.

Este ordenamiento requiere de herramientas que permitan la realización de lazos conectivos en sus etapas, ellos reordenan y establecen la retroalimentación necesaria para disponer de variables para acciones correctivas que en forma primaria no se visualizan, constituyéndose así en nodos esenciales del proceso de diseño en ingeniería.

Así definido podemos considerar al diseño como una función de varias variables: conocimientos técnicos (ct), capacidad tecnológica disponible (ctd), experiencia (e), compromiso social (cs) y con el medio ambiente (ma), interpretación de necesidades (in), factibilidad productiva (fp), productividad (pr), simulaciones (s), prototipado (p), ensayos (e), facilidad de acceso a sus componentes (fac) y materias primas (mp), Ecuación (1), que inexorablemente se vinculan e impactan en el objeto del diseño (Figura 1)

$$D = f(ct, ctd, e, cs, ma, in, fp, pr, s, p, e, fac, mp) \quad (1)$$

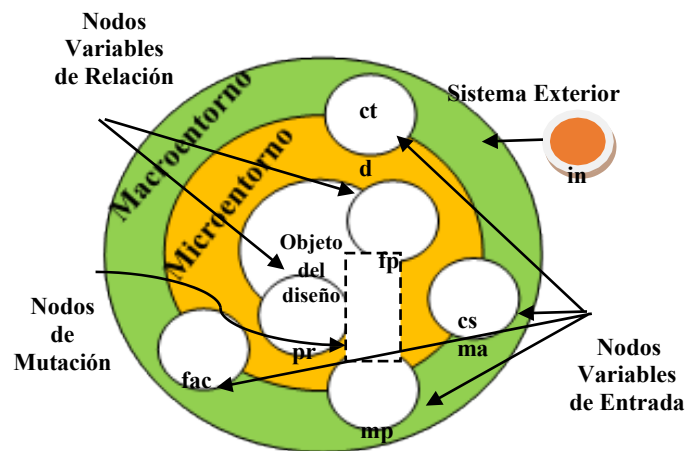


Figura 1 - Variables que inciden sobre el diseño – su agrupación por nodos

La aplicación de una metodología sistémica asociada al diseño permitirá construir un sistema de vinculación de estas variables a partir de parámetros de entrada al sistema, para posteriormente encontrar nodos de interacción que involucren y conjuguen aspectos técnicos específicos de las condiciones preestablecidas del producto a lograr, y así alcanzar un diseño integral del producto. Es entonces necesario ponderar estas variables en su asociación, para aplicar en el proceso de diseño las acciones correctivas necesarias que surgen de su análisis.

Definido así, el diseño es un sistema, se debe abordar con un enfoque sistémico de múltiples variables con un objetivo en común y dotado de una sumatoria de elementos relacionados entre sí, corresponde entonces hablar de metodología sistémica aplicada al diseño, capaz de separar sus partes sin obviar su interacción, separar lo relevante de lo irrelevante y ponderar adecuadamente sus variables, para el cual es fundamental determinar nodos críticos de retroalimentación permanente durante el proceso,

2. MÉTODO

El método utilizado consistió en la aplicación de la teoría de aproximación por iteraciones sucesivas, con relevamiento de resultados en las distintas etapas del proceso para determinar nodos críticos de retroalimentación en el proceso de diseño.

A partir del objetivo de creación de un modelo sistémico aplicado a un caso particular de diseño, se simula el comportamiento y se valida el resultado obtenido.

Para su elaboración y validación se utilizó como caso particular del diseño, el subsistema de suspensión delantera de un vehículo de competición con característica de monoposto, como parte del sistema tren delantero.

Se consideraron todas las variables intervinientes estableciéndose un orden de relevancia, analizando sus interacciones e impacto en los niveles de subsistema y sistema, en un proceso retroalimentado.

Las sucesivas iteraciones permitieron concluir con la creación de una metodología sistémica que se validó por simulación de las distintas etapas de la investigación desarrollada en la propuesta de diseño.

Se abordaron nuevas totalidades a partir del tratamiento lógico de las relaciones de sus variables, considerando para ello sistemas y subsistemas de relación atendiendo las características de micro entorno y macro entorno del objeto de diseño.

3. CONCLUSIONES

La metodología sistémica aplicada al diseño permite identificar nodos críticos, estos surgen de la interrelación de subsistemas pertenecientes a un sistema en común, permiten compatibilizar el diseño de partes y de conjunto para relacionarse con otros sistemas ya definidos, de esta nueva relación surge un diseño final para el objeto del diseño. La división en sistemas y subsistemas que se retroalimentan genera la visualización de posibles correcciones. Comprobada su factibilidad de aplicación y determinados definitivamente los sistemas y subsistemas con sus variables, es posible definir las características finales del objeto del diseño.

Este método facilita el proceso de diseño con un grado de impacto directamente proporcional a su complejidad, permite documentar ordenadamente el proceso y le da fiabilidad con visibilidad.

Desde el sistema exterior se aportan las variables de entrada al sistema, que en función del proceso indicado en la Figura 2 retorna al mismo el objeto de diseño, con características de DISEÑO FINAL a partir del análisis de verificación del comportamiento de sus subsistemas.

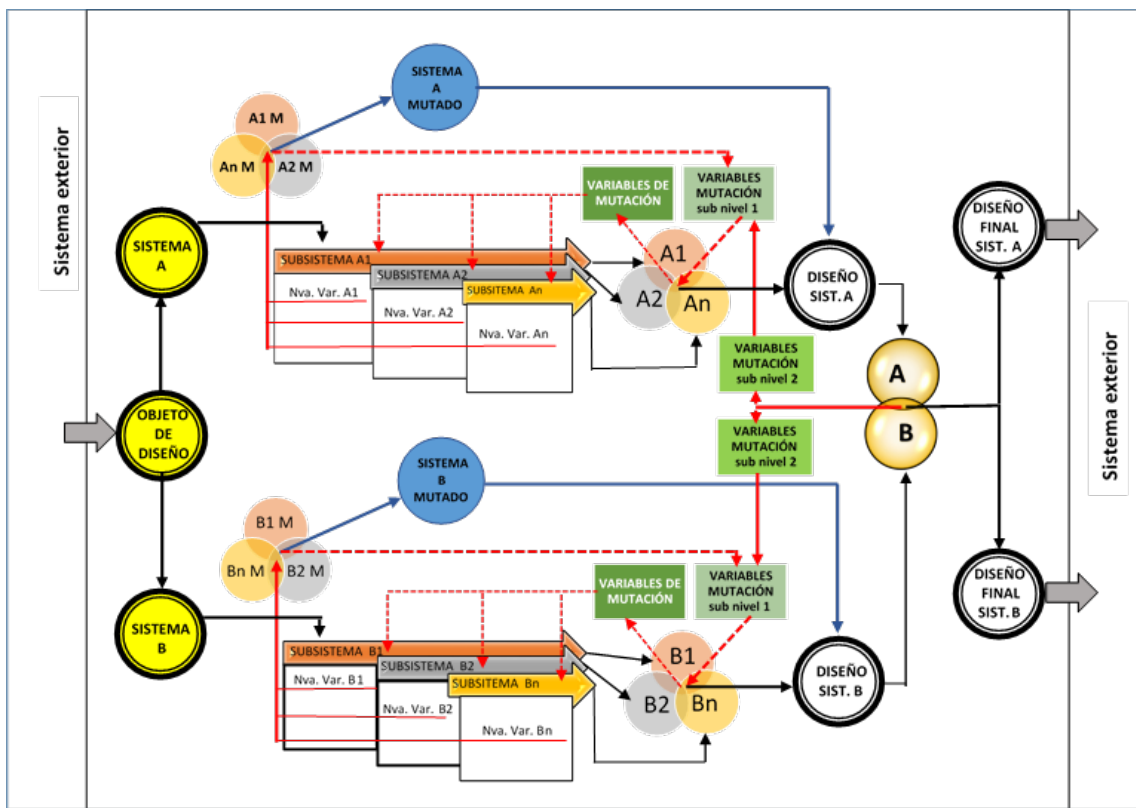


Figura 2 – El diseño como metodología sistémica

Considerando el producto como objeto del diseño, en una primera etapa se identifican sus sistemas intervinientes y luego se los divide en subsistemas, estos últimos deben ser analizados en sus impactos de interrelación, pudiendo ser o no satisfactorios.

En el caso que lo sean es adecuado avanzar definiéndolo como diseño del subsistema, que luego de un idéntico estudio de otro subsistema exige el análisis de interrelación entre ambos para definir su viabilidad. Si esta es posible se avanza en el diseño final de cada sistema.

Si no fuera satisfactoria la interrelación de los subsistemas, se deben analizar los cambios necesarios, esto permite definir un conjunto de nuevas variables que se constituyen en variables de mutación, generándose nuevas variables mutadas que deben analizarse en conjunto originando un nuevo sistema (sistema mutado), el cual puede constituirse en un nuevo diseño final del sistema que a su vez se debe analizar relacionándolo con otros sistemas, tal cual lo antes indicado, si esta es posible se avanza en el diseño final de cada sistema. Si el análisis de relación de variables mutadas no es adecuado es necesario recurrir a un nuevo nivel de variables de mutación (variables de mutación nivel 1) (Figura 2), cuya relación es también objeto de análisis

para avanzar en el diseño del sistema tal lo antes indicado o retroalimentar el sistema con nuevas variables.

Definido el diseño de cada sistema su interrelación puede arrojar resultados positivos o presentar inconvenientes, en el primer caso se adoptan como definitivos los diseños de los sistemas, si esto no ocurre es imperativo realizar un nuevo nivel de mutación que dan origen a las variables de mutación nivel dos (Figura 2), las que vuelven a retroalimentar a los subsistemas y sistemas intervinientes.

Es entonces un modelo sistémico de retroalimentación permanente, que permite entregar al sistema exterior un adecuado diseño que contempla las condiciones impuestas por cada sistema y subsistema interviniente en el objeto del diseño y sus interrelaciones, con un conjunto de nodos críticos de vinculación por interrelación que lo hacen posible.

Asimismo surge la identificación de tres tipos de variables de incidencia en todo el proceso, variables esenciales, variables derivadas y variables de cambio.

Las primeras están vinculadas con las condiciones de macroentorno y contemplan conocimientos técnicos, experiencia, compromiso social y con el medio ambiente, interpretación de necesidades y condiciones primarias de diseño, estas son variables de entrada desde el sistema exterior; las segundas involucran al microentorno y consideran factibilidad productiva, productividad y recursos en general disponibles y las terceras vinculadas estrictamente a los sistemas y subsistemas y contemplan simulaciones prototipado, ensayos y verificaciones. Las variables de cambio están condicionadas por las esenciales y las derivadas.

Se concluye que el método sistémico generado a partir de nodos críticos de relación, de interrelación y de variabilidad, genera un proceso de retroalimentación sistémica que permite adecuar las partes del diseño en función de las condiciones preestablecidas en el comportamiento esperado del objeto del diseño, constituyéndose en una herramienta de utilidad facilitadora del proceso de diseño.

4. REFERENCIAS

-CAPUZ RIZO, S, GOMEZ NAVARRO, T. *ECODISEÑO-(2002). Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles* – Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-9705-191-2 [cuatro o más autores: Capuz Rizo, S., Gómez Navarro, T., Vivancos Bono, J., Viñoles Cebolla, R., Ferre Gisbert, P., López García, R., Bastante Ceca, M]

-KRIK, EV. (1999). *Introducción a la ingeniería y al Diseño en Ingeniería*. –México DF: Editorial Limusa S.A. de C.V.- Grupo Noriega Editores, 23ra. Imp. ISBN: 968-18-0176-8 [un autor]

Planta piloto para la producción y ensayo de biodiesel

Prat, Miguel A.; Xamena, Carlos M.; Oyola, Omar E.; Jiménez, Sergio S.; Díaz, Mario A.; Alderete, Sergio R.; Rodríguez, Hugo E.

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional. Bernardino Rivadavia 1050, (4000), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, mpratutn@gmail.com

RESUMEN

El agotamiento de los recursos hidrocarbúricos a nivel mundial plantea la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativas que sean amigables con el medioambiente, entre las opciones que se pueden considerar se encuentra el biodiesel. La norma ASTM D6751 describe al biodiesel como una serie de cadenas largas de ésteres de ácidos grasos provenientes de grasas animales o vegetales, en donde una molécula de alcohol está unida a un éster. El biodiesel en comparación con el gasoil, es biodegradable y no tóxico, está libre de azufre y compuestos aromáticos; pudiéndose emplear como combustible en motores diesel. La propuesta de la presente investigación consiste en el desarrollo de un paquete tecnológico (Planta Piloto para la Producción y Ensayo de Biodiesel) que utilizará como insumo en primera instancia aceite residual de cocina. La puesta en funcionamiento de la Planta Piloto permitirá posteriormente estudiar y determinar las propiedades del biodiesel producido en función de los parámetros establecidos por las normas EN 14214, ASTM 6751-02 e IRAM 6515-1.

Palabras Claves: Planta Piloto, aceite residual, biodiesel

ABSTRACT

All over the world the exhaustion of hydrocarbon resources needs to find alternative energy sources that are friendly to the environment. Biodiesel are one of the options that can be considered. The standard ASTM D6751 describes biodiesel as a series of long chains of fatty acid esters from animal or vegetable fats, where an alcohol molecule is attached to an ester. Biodiesel compared to diesel, is biodegradable and non-toxic compared to diesel. It is free of sulfur and aromatic compounds. It can be used as fuel in diesel engines. The aim of the present work consists of the development of a technological package (Pilot Plant for the Production and Testing of Biodiesel) that will be used as an input for the first instance of residual cooking oil. The setting up of the Pilot Plant will allow the study and determine the properties of biodiesel produced according to the parameters established by Standards EN 14214, ASTM 6751-02 and IRAM 6515-1.

1. - INTRODUCCIÓN

El agotamiento de los recursos hidrocarburíferos a nivel mundial plantea la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativas que sean amigables con el medioambiente, entre las opciones que se pueden considerar se encuentra el biodiesel. La norma ASTM D6751 describe al biodiesel como una serie de cadenas largas de esteres de ácidos grasos provenientes de grasas animales o vegetales, en donde una molécula de alcohol está unida a un éster. El biodiesel en comparación con el gasoil, es biodegradable y no tóxico, está libre de azufre y compuestos aromáticos, por lo que produce menos emisiones al emplearse en los motores de combustión interna. Es importante destacar que este biocombustible se puede emplear en motores diesel sin mayores modificaciones. Una materia prima interesante para la obtención del biodiesel desde el punto de vista económico y medioambiental es el aceite de cocina usado. De hecho, las tecnologías de proceso permiten producir este biocombustible a partir de aceites reciclados comparables en calidad al del biodiesel de aceite vegetal virgen, con la ventaja adicional de ser más barato. Asimismo, es importante resaltar que desde la gestión de residuos, la producción de biodiesel a partir de aceite usado es beneficiosa para el medioambiente, ya que proporciona una forma más limpia de eliminar estos productos; a la vez que se pueden reducir las emisiones de CO₂, al ser empleado como combustible en vehículos de motor diesel. Para su fabricación se puede usar cualquier fuente de ácido graso por lo tanto, cualquier lípido animal o vegetal es un sustrato apto para la producción de biodiesel. En el contexto energético mundial la producción de biocombustibles es motivo de discusión, ya que existe la preocupación de que la materia prima para la obtención de biocombustibles como el biodiesel pueda competir con el suministro de alimentos a largo plazo. Por lo tanto, considerar el uso de aceite vegetal no comestible o productos de desecho, como el aceite usado de cocina para la producción de biodiesel es una alternativa por demás interesante. Si bien existen diversos métodos para la producción de biodiesel, la transesterificación es el método más utilizado. Esta metodología consiste en una reacción química que se da entre un aceite vegetal o grasa animal con un alcohol, (metanol, etanol, etc.). La reacción requiere de un catalizador, como el hidróxido de sodio o potasio, produciendo nuevos compuestos químicos llamados ésteres metílicos. La propuesta consiste en el desarrollo de un paquete tecnológico que permita el estudio del biodiesel para su aprovechamiento como combustible en el ámbito de la Provincia y de la Región NOA; a fin de ayudar a solventar la problemática energética en el país.

2.- LOS BIOCOMBUSTIBLES

De acuerdo a la FAO los biocombustibles son portadores de energía que almacenan la energía derivada de la biomasa. La bioenergía se define como una forma de energía renovable derivada de la biomasa (material orgánico), la cual se puede utilizar para producir calor, electricidad, biocombustibles para el transporte y productos [1]. Es uno de los muchos recursos que se encuentran disponibles para ayudar a satisfacer la demanda de energía en el mundo.

Los biocombustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos e incluir todo tipo de biomasa y de productos derivados a fin de utilizarlos con fines energéticos. Los biocombustibles constituyen una de las fuentes de energía renovable más importantes a nivel mundial, representando una alternativa válida al empleo de combustibles fósiles.

En el contexto actual existen dos biocombustibles que están reemplazando a la nafta y al gasoil; estos son el bioetanol y el biodiesel respectivamente, siendo el sector de transporte vehicular uno de los principales consumidores de estos biocombustibles en Argentina y el mundo. El bioetanol se puede producir a partir de varios cultivos, como por ejemplo la caña de azúcar, el maíz, la remolacha azucarera etc. En tanto que el biodiesel se puede obtener a partir de aceites vegetales simples, comestibles y no comestibles, aceite de cocina usado y grasas animales.

Los principales países productores de bioetanol son Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea y China. La producción en los Estados Unidos consiste principalmente en la obtención de etanol a partir de maíz, en tanto que en Brasil el etanol se consigue a partir de la caña de azúcar.

En lo que se refiere al biodiesel se pueden mencionar como principales productores a la Unión Europea, Indonesia, Brasil, Estados Unidos y Argentina entre otros.

3.- GENERACIONES DE BIOCOMBUSTIBLES

Actualmente existen distintos tipos de biocombustibles, los que se clasifican de acuerdo a la materia prima y a la tecnología empleada para obtenerlos. Debido a los avances en la tecnología, esta clasificación se realiza por generaciones [2].

Los biocombustibles de primera generación se producen comercialmente utilizando tecnología convencional. Las materias primas básicas son semillas, granos o plantas enteras de maíz, caña de azúcar, colza, trigo, semillas de girasol o aceite de palma. Uno de los biocombustibles de primera generación más conocido es el biodiesel [2] [3].

Los biocombustibles de segunda generación se pueden producir a partir de fuentes no alimentarias. Estos incluyen los residuos agrícolas tales como los residuos de la cosecha de caña de azúcar o cosecha de maíz por mencionar algunos. De hecho, los residuos de tipo agrícola

tienen compuestos del tipo celulosa o hemicelulosa y un mayor o menor contenido en lignina. Los carbohidratos (celulosa y hemicelulosa) son una fuente potencial de azúcares que se puede fermentar y transformar en biocombustible [2] [4].

La Tercera Generación de Biocombustibles se fundamenta en el aprovechamiento de cultivos energéticos especialmente diseñados para servir como fuentes de energía. En esta categoría se encuentran las microalgas las que pueden ser utilizadas como materia prima de bajo costo, alta energía y completamente renovable. Este tipo de algas pueden ser cultivadas usando tierra y agua no aptas para la producción de alimentos las cuales a nivel mundial están agotadas. Diversos expertos señalan a partir de las microalgas se puede producir un aceite que tras ser refinado puede utilizarse como biodiésel, y si se las manipula de forma genética se pueden elaborar todo tipo de combustibles. De acuerdo a datos del Departamento de Energía de EEUU., su rendimiento es diez veces más alto que los biocombustibles de segunda generación y; con el 0,42% del territorio de EEUU. se podría generar suficiente biocombustible para satisfacer las necesidades de dicho país. Precisamente esta institución estadounidense es pionera en la investigación de microalgas como biocarburante [2][5].

Los biocombustibles de Cuarta Generación son producidos a partir de bacterias genéticamente modificadas, las cuales emplean dióxido de carbono (CO₂) o alguna otra fuente de carbono para la obtención de los biocombustibles. A diferencia de las generaciones anteriores, en las que también se pueden emplear bacterias y organismos genéticamente modificados como insumo o para realizar alguna parte de los procesos, en la cuarta generación, la bacteria es la responsable de la totalidad del proceso de producción de los biocombustibles [2][6].

5.- BIODIESEL

La investigación sobre el uso de ésteres metílicos a nivel mundial como combustible alternativo al gasoil ha estado en curso durante más de 40 años. De hecho, la crisis del petróleo de 1973 impulsó la investigación de distintos combustibles alternativos con la finalidad de garantizar un suministro seguro de combustible [7]. Con el correr de los años las investigaciones en torno a los biocombustibles -entre los que se halla el biodiésel- se ha intensificado a la luz de los beneficios que brindan en lo que se refiere a las bajas emisiones generadas de gases, como el CO₂ [8] [9]

[10] [11]. En otras palabras, el biodiésel no contribuye al calentamiento global. Teniendo en cuenta este aspecto se estima que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial, para el año 2025 experimentaran un crecimiento de entre 415 y 421 ppm [12]. En este marco el Protocolo de Kioto ha establecido los límites de emisiones causadas por el uso de combustibles provenientes del petróleo [13].

Tabla 1 *Propiedades del Diesel vs. Biodiésel*

Propiedad	Unidad	Diesel Norma Europea EN 590	Biodiésel DIN V 51606 (Alemania)
Propiedades Estándar			
Densidad (15°C)	kg/m ³	820 - 860	875 - 900
Viscosidad (40°C)	mm ² /s	2.0 - 4.5	3.5 - 5.0
Punto de ignición	°C	>55	>110
Contenido de azufre	%(peso)	<0.20	<0.01
Nº de cetano		>49	>49
Propiedades adicionales			
Contenido de Oxígeno	%(peso)	0.00	10.9
Poder Calorífico	MJ/dm ³	35.6	32.9
Grado de Eficiencia	%	38.2	40.7

En un principio las investigaciones realizadas permitieron concluir que los aceites vegetales no modificados, tenían el potencial de ser utilizados como combustible en motores diésel, sin embargo su utilización prolongada era imposible incluso con aceites completamente refinados. Trabajos posteriores permitieron determinar que los aceites vegetales después de la transesterificación con alcoholes de cadena corta como el etanol o el metanol, se podían utilizar en motores gasoleros sin ninguna complicación [14]. Dado que este aceite transesterificado se podía usar directamente en los motores diesel, se lo llamo "biodiésel". Además de los aceites vegetales, se pueden utilizar grasas animales, así como grasas de desecho, en la fabricación de este biocarburante [15].

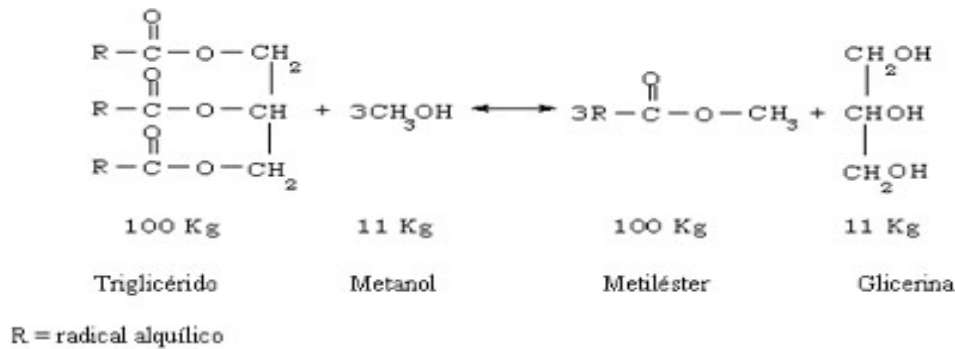


Figura 1 *Proceso de Transesterificación*

El biodiesel se puede emplear como combustible en los motores diesel debido a que sus propiedades son muy similares, o incluso superiores a las del gasoil obtenido a partir del petróleo. Por ejemplo, el biodiesel tiene una viscosidad aproximadamente 2 (dos) veces superior a la del gasoil, un punto de inflamación mayor y un número de cetano parecido al del diesel convencional. Con lo cual se concluyó que no se requiere modificar el motor cuando se emplea biodiesel [16]. No obstante, la mayoría de los fabricantes de vehículos recomiendan usar mezclas de hasta un 20% de biodiesel como combustible. Este biocombustible se puede obtener a partir de recursos renovables, es biodegradable y no tóxico. En distintas investigaciones se descubrió como ventaja adicional mejores propiedades lubricantes del biodiesel en comparación con el gasoil, esta característica permite prolongar la vida útil del motor reduciendo la frecuencia de reemplazo de repuestos; en tanto que el consumo, encendido, rendimiento, y torque del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales [17].

6.-NORMAS DE ENSAYO DEL BIODIESEL

Dado que la calidad del biodiesel es un factor clave cuando se usa como una alternativa al gasoil convencional, es necesario cumplir con estándares tales como los siguientes:

a.- Familia de Normas ASTM [18].

- La ASTM D6751-08, especificación para las existencias de mezclas de combustible biodiésel (B100) para combustibles de destilación intermedia, que se modificó para incluir un requisito que controle las combinaciones secundarias y que brinda una información más precisa sobre cómo funcionará el combustible cuando el ambiente está frío.
- La ASTM D975-08a, especificación para el fueloil para los motores diésel (que se usa en aplicaciones diésel convencionales y todo terreno), se modificó y ahora permite hasta un 5% de biodiésel. Esto permite que las mezclas B5 se traten de la misma manera que el diésel convencional a efectos de la realización de ensayos.
- La ASTM D396-08b, especificación para el fueloil (usado en sistemas de calefacción y en calderas), que se modificó y ahora permite hasta un 5% de biodiésel. Como la norma D975, esta modificación permite que las mezclas B5 se traten de la misma manera que el fueloil convencional a efectos de la realización de ensayos.
- La ASTM D7467-08, especificación para las mezclas de biodiésel (B6 a B20) de fueloil para motores diésel, es una especificación totalmente nueva que rige las propiedades de la mezclas que contienen entre 6% y 20% de biodiésel para ser usadas en motores diésel convencionales y todo terreno.

b.- Norma EN 14214: Este estándar define los requisitos y métodos de ensayo de los ésteres de metilo de ácidos grasos comercializados (FAME - Fatty Acid Methyl Ester) y suministrados para su empleo como combustible en motores diesel en una concentración de 100% o como diluyente de acuerdo con los requisitos la norma EN 590 [19].

c.- Norma IRAM 6515-1: Esta norma establece requisitos y métodos de ensayo para el biodiesel comercializado y suministrado en Argentina. Se aplica tanto para aquellos casos en donde la aplicación del combustible sea al 100% de concentración, o como aditivo del gasoil para uso automotor [20].

Cuando se cumplen con estas normas, el biodiésel o sus mezclas se pueden usar con seguridad en la mayoría de los motores modernos dentro de los límites recomendados por el fabricante, sin modificaciones, manteniendo la durabilidad y confiabilidad del motor. Seguidamente se muestran los requisitos y métodos de ensayo empleados en el biodiesel que se comercializa en Argentina como combustible para vehículos automotores, equipados con motores diesel, al 100 % de concentración, o como aditivo del gasoil para el uso en automotores.

Tabla 2 *Requisitos y métodos de ensayo establecidos en la norma IRAM 6515/01*

Requisitos	Unidad	Limites		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido de éster	g/100 g	96,5		EN 14103
Densidad a 15°C	g/mL	860	900	IRAM-IAPG A 6616 IRAM-IAPG A 6911 ISO 3675 ISO12185
Viscosidad a 40°C	mm ² /s	3,5	5,0	IRAM-IAPG A 6597 ISO 3104 ASTM D 445
Punto de inflamación	°C	100		ISO 3679 ASTM D 93
Contenido de azufre	mg/kg		10	IRAM-IAPG A 6516 IRAM-IAPG A 6539 ASTM D 4294
Residuo carbonoso (sobre la muestra al 100 %)			0,05	ASTM D 4530 ISO 10370 ASTM D 1160 (para obtener el 10% destilado)
Número de cetanos		47		ASTM D 613 ISO 5165
Cenizas sulfatadas	g/100 g		0,02	ISO 3987
Contenido de agua por Karl Fischer	g/100 g		0,05	ASTM D 4928

7.- ACEITE DE COCINA

Diversos trabajos de investigación acerca del biodiesel se han basado en ésteres metílicos obtenidos a partir de ácidos grasos como los del aceite de soja. Sin embargo, el costo del aceite de soja empleado como alimento limita su uso como combustible en motores diesel, según investigaciones realizadas el costo del aceite representa un 70 a 95 % del costo total del biodiesel [21]. Este factor hace necesaria la búsqueda de materias primas que permitan reducir los costos de producción a los fines de garantizar la viabilidad comercial a largo plazo del biodiesel [22] [23]. Una forma de reducir el costo de este combustible es utilizar materias primas menos onerosas como por ejemplo el aceite doméstico usado así como las grasas de origen animal. Los aceites de desecho de restaurantes, casas de familia y las grasas de origen animal son de bajo costo en comparación con el aceite de soja de grado alimenticio. El aceite de cocina residual (ACR) se refiere al aceite vegetal usado resultante de la cocción de alimentos. La fritura repetida para la preparación de alimentos hace que el aceite vegetal comestible ya no sea adecuado para el consumo debido al alto contenido de ácidos grasos libres (FFA). El aceite residual presenta muchos problemas desde el punto de vista ambiental, tales como la contaminación del agua y el suelo por lo que, una forma eficaz de emplearlo sin dañar el medio ambiente y satisfacer la demanda creciente de energía es aprovecharlo como combustible. El ACR recolectado también se puede usar en la fabricación de jabones así como aditivos para aceites lubricantes. Los aceites vegetales contienen hidrocarburos saturados (triglicéridos) que consisten en glicerol y ésteres de ácidos grasos. El aceite vegetal residual es un subproducto, que en el caso de la Provincia de Tucumán proviene de hoteles, restaurantes de comida rápida así como de casas de familia. Generalmente estos aceites se disponen sin ningún tratamiento generando un impacto importante al medio ambiente. El uso de aceite vegetal residual reduce la necesidad de cultivos productores de biodiesel y la competencia con los alimentos. Las propiedades químicas y físicas del ACR son diferentes de las del aceite nuevo debido a los cambios debidos a reacciones químicas, tales como la hidrólisis, la oxidación, la polimerización y la transferencia de material entre los alimentos y el aceite vegetal que se producen durante el proceso de fritura.

Las propiedades ACR pueden cambiar según las condiciones que se dan durante el proceso de fritura, tales como la temperatura y el tiempo de cocción de los alimentos. El proceso de cocción hace que el triglicérido presente en el aceite se descomponga para formar diglicéridos, monoglicéridos y ácidos grasos libres. La cantidad de calor y agua en la fritura aumenta la hidrólisis de los triglicéridos, por lo tanto causa un crecimiento de los ácidos grasos libres (FFA) en la OMA. Además, debido a las reacciones de oxidación y polimerización, el ACR presenta un aumento en la viscosidad y el número de saponificación en comparación con el aceite original. Durante la fritura se produce el transporte de materia y calor entre los alimentos a freír y el aceite ocasionando un incremento en el contenido de agua presente en el ACR. Durante la transesterificación, la presencia de agua en el ACR conduce a la hidrólisis, mientras que el alto contenido de FFA y pueden dar lugar a reacciones de saponificación. Tanto las reacciones de

hidrólisis como de saponificación provocan un bajo rendimiento del biodiesel y un alto consumo de catalizador. Las características químicas y físicas del ACR se muestran en la tabla siguiente [24]:

Tabla 3 *Propiedades del aceite de cocina residual*

Propiedad	Unidades	Valor
Densidad	g /cm ³	0,91 - 0,924
Viscosidad Cinemática (40°C)	mm ² /s	36,4 - 42
Valor de Saponificación	mgKOH/g	188,2 - 207
Acidez	mgKOH/g	1,32 - 3,6
Número de yodo	gl ₂ /100g	83 - 141,5

8.- TRANSESTERIFICACION DEL ACR

El proceso comúnmente empleado para la producción de biodiésel a escala industrial es la transesterificación de triglicéridos provenientes del aceite animal o vegetal, con un alcohol en presencia de catalizadores ácidos o básicos, según sea la calidad de la materia prima [25]. En la reacción de transesterificación, el triglicérido del aceite reacciona con el alcohol en presencia de un catalizador para dar éster y glicerol.

En general, hay tres sistemas de transesterificación al utilizar aceite vegetal o grasa animal como materia prima, son sistemas homogéneos, heterogéneos y enzimáticos basados en el catalizador empleado durante el proceso. El proceso tradicional de producción de biodiesel se lleva a cabo en presencia de catalizadores básicos homogéneos como KOH, NaOH, CH₃ONa, y CH₃OK, con tiempos y temperaturas de reacción relativamente bajos (1h y 60 °C 70 °C) requiriéndose etapas de neutralización, lavado y secado para remover el catalizador y el glicerol del biodiesel [26] [27].

El ACR se hace reaccionar con alcohol, en la mayoría de los casos se usa metanol debido a una mejor eficiencia [28]. Sin embargo, también se puede emplear el etanol y el alcohol isopropílico [29]. El proceso de transesterificación depende de varios parámetros que son la temperatura, la presión de reacción y tiempo de reacción, la velocidad de agitación, el tipo de alcohol utilizado y relación molar entre el alcohol y el aceite, el tipo y concentración del catalizador utilizado; así como la concentración de humedad y FFA en el aceite de alimentación. Los valores óptimos de estos parámetros dependen en gran medida de las propiedades físicas y químicas del aceite de alimentación para lograr una mayor conversión [24].

La mayor parte del biodiésel actual se produce a través de la transesterificación homogénea catalizada por álcalis de aceites vegetales comestibles. Los catalizadores homogéneos son aquellos que son solubles durante la reacción, los mismos pueden ser líquidos o gaseosos y son de dos tipos: ácidos o alcalinos. Los catalizadores ácidos como H₂SO₄ se usan ampliamente para la esterificación, mientras que los catalizadores alcalinos como NaOH y KOH se usan para la transesterificación. Las ventajas de los catalizadores homogéneos son:

- la capacidad de catalizar la reacción a una temperatura de reacción y presión atmosférica más bajas,
- se puede lograr una alta conversión en menos tiempo,
- disponibilidad y es económico.

Este proceso permite una buena calidad del producto y un tiempo de reacción relativamente más corto. El uso efectivo del catalizador alcalino homogéneo está limitado solo para el aceite vegetal refinado con menos de 0.5% en peso de FFA o valor de ácido menor a 1 mg de KOH/g. Además, la separación de estos catalizadores después de que se completa la reacción, requiere el lavado del biodiesel con agua, lo que puede provocar la pérdida de ésteres de alquilo de ácido graso, incrementando el consumo de energía generando una gran cantidad de aguas residuales. Esto también aumenta el costo total de producción de biodiesel ya que el catalizador es difícil de recuperar y los catalizadores pueden causar corrosión en el reactor. El triglicérido y el alcohol deben ser anhidros y se requiere un contenido bajo de ácidos grasos libres (FFA) en la materia prima para evitar el jabón.

9.- PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Una planta piloto es una plataforma experimental, en la que se muestran aquellas operaciones y procesos representativos que le corresponden a una planta a escala industrial. Diversos investigadores han descrito la producción de biodiesel en plantas piloto. La investigación estaba destinada a determinar si se requería algún proceso en particular para pasar de la producción en laboratorio a escala industrial. Si bien existe una variación considerable en los procesos utilizados, ninguno de estos estudios identificó problemas especiales asociados con la ampliación.

Esta investigación tiene como uno de los objetivos principales el diseño y montaje de una planta piloto de producción de biodiesel a pequeña escala (lotes de 100 litros), para el laboratorio del Área Térmica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Tucumán de la

Universidad Tecnológica Nacional. Como segundo objetivo estudiar la optimización del proceso de producción de biodiesel obtenido a partir de distintos productos (ACR, aceites vegetales, grasas animales, algas, etc.). Y finalmente como tercer objetivo, con la planta en funcionamiento, estudiar y determinar las propiedades del biodiesel producido en función de los parámetros establecidos por las normas EN 14214, ASTM 6751-02 e IRAM 6515-1.

La planta piloto de biodiesel del proyecto en cuestión constará de un reactor de transesterificación, un tanque de sedimentación, y un tanque de lavado. El diagrama de flujo mostrado en la figura muestra el proceso de producción de biodiesel que se efectuara en la planta piloto.

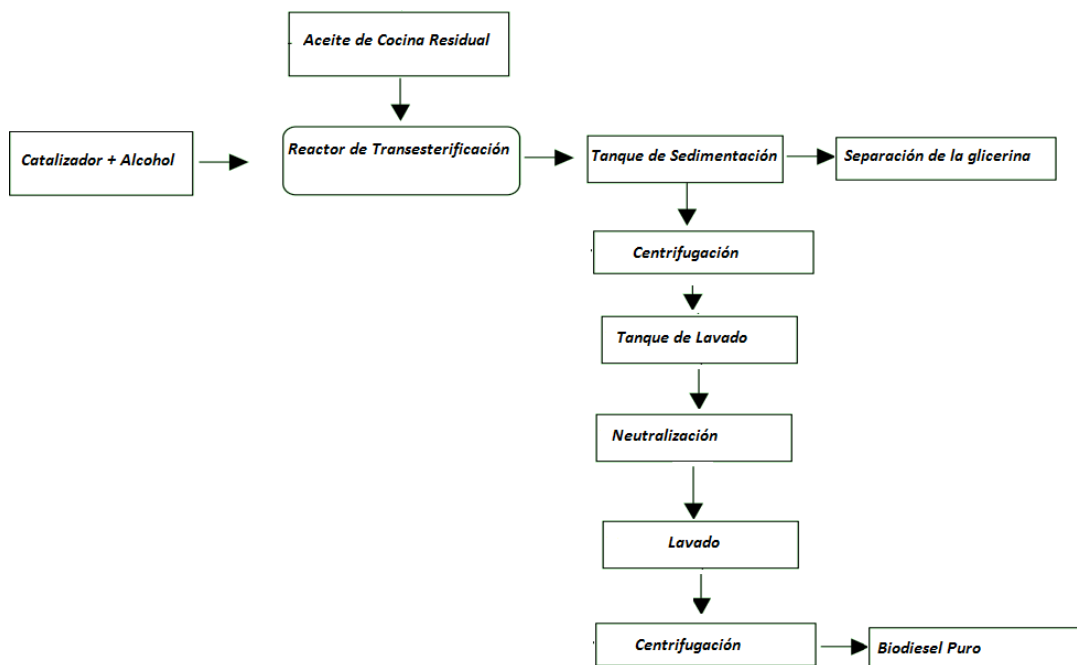


Figura 2 Proceso de Producción de Biodiesel Planta Piloto

El proceso será del tipo batch o por lotes. Cada ciclo de producción constará de las etapas mencionadas en el diagrama de flujo de la Figura 2.

De acuerdo a la estequiometría de la reacción por cada mol de aceite serán necesarios tres moles de alcohol, obteniendo tres moles de biodiesel y un mol de glicerina (Figura 1). Los reactivos a usar (Hidróxido de Sodio y Metanol) tendrán una pureza mínima de 98% para evitar el agregado de agua a la reacción.

Pasos a seguir para la producción:

1. Se colocan 100 litros de aceite en el reactor y se calientan a una temperatura entre 60 y 70°C con agitación. Por un tiempo no menor a 1 hora (el aceite usado tiene humedad que es necesaria eliminar antes de hacer reaccionar, para minimizar la cantidad de glicerina)
2. Se agrega la solución de metóxido de sodio y se deja reaccionar por 1 hora con agitación constante
3. Se pasa el líquido al tanque de sedimentación para separar las fases (biodiesel y glicerina).
4. Se procede al centrifugado/lavado de biodiesel.

De forma esquemática, en el reactor se agregarán las siguientes cantidades:

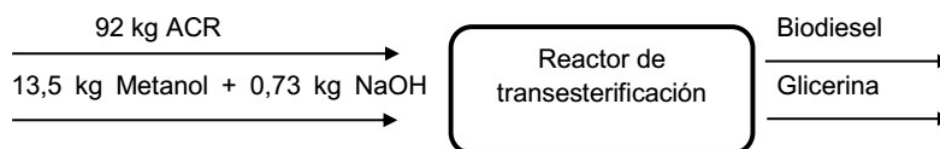


Figura 3 Balance de masa

Estas cantidades son las estimadas para comenzar con los ensayos. Durante el estudio se modificarán diversas variables para optimizar tiempos de reacción y grado de pureza del biodiesel. Además de las cantidades de alcohol e hidróxido, las variables a cambiar para estudiar la fabricación del biodiesel, serán:

- Tiempo de reacción
- Temperatura de reacción

- Presión del reactor
- Velocidad de agitación
- Tiempo de sedimentación
- Tiempo de centrifugado
- Cantidad de agua para lavado

Estas variables son dependientes del tipo de mezcla de aceite con que se trabaje. Una vez instalada la planta y definido el universo de generadores de aceite y el ACR a utilizar, se ajustarán las variables para optimizar el proceso. En un principio de acuerdo a estudios previos, se estima una producción de 92 litros de biodiesel por cada 100 litros de aceite usado (ACR), siendo un dato empírico el cual será corroborado posteriormente con los ensayos a realizar.

10.-EMISIONES MOTOR DIESEL UTILIZANDO BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE ACR

En el escenario energético actual, el biodiesel representa una alternativa válida al empleo de gasoil como combustible en motores diesel, debido a que su empleo puede reducir sustancialmente las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente. Muchos investigadores han estudiado las características del biodiesel en lo que se refiere a emisiones de gases y han concluido que existen beneficios importantes. Las características ideales del biodiésel incluyen una buena fluidez en el rango de temperatura de funcionamiento del motor, sin contaminación, fácil encendido, combustión limpia y eficiente [30].

La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (Environmental Protection Agency, EPA) a partir de ensayos realizados a distintas mezclas de biodiesel, logró caracterizar el comportamiento de las emisiones de los principales contaminantes. El estudio estimó para cada contaminante una correlación entre la variación de porcentaje de biodiesel y la variación en la cantidad de contaminante emitido. Esta correlación sigue en todos los casos la forma [31]:

$$\% \text{ cambio en emisiones} = \{ \exp[a \times (\text{vol\% biodiesel})] - 1 \} \times 100 \quad (1)$$

Siendo **a** un coeficiente de correlación característico para cada contaminante considerado. Los valores de **a** se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4 *Coefficiente de correlación característico para cada contaminante según EPA*

Contaminante	Coefficiente a
NOx	0,0009794
MP	-0,006384
HC	-0,011195
CO	-0,006561

En el siguiente gráfico se presenta el porcentaje de cambio en emisiones en función del porcentaje de biodiesel, de acuerdo al criterio de EPA.

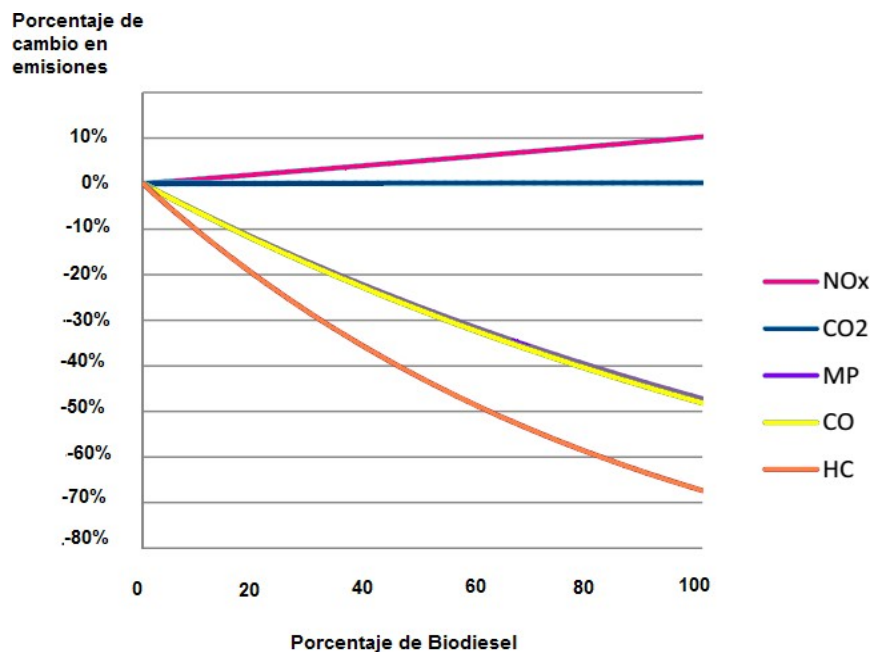


Figura 4 *Porcentaje Cambio de Emisiones vs Porcentaje de Biodiesel*

Investigaciones complementarias respecto de la comparación de las características del biodiesel con respecto al gasoil, mostraron una reducción significativa en emisiones de CO y HC no quemado, pero con un aumento en las emisiones de NOx.

Tabla 5 Emisiones medias del Biodiesel comparadas al Diesel convencional

Fuente: <http://www.biodiesel.org>

Emisiones medias del Biodiesel comparadas al Diesel convencional		
Tipo de emisión	B-100 (sin corte)	B-20 (corte al 20%)
Hidrocarburos totales sin quemar (HC)	-68	-14
Monóxido de carbono (CO)	-44	-9
Partículas en suspensión (PM)	-40	-8
Sulfatos	-100	-20
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)	-80	-13
Hidrocarburos aromáticos policíclicos nitrogenados (nPAH)	-90	-50
Potencial de destrucción de la capa de ozono	-50	-10
Óxidos de nitrógeno (NOx)	+6	+1

La reducción de HC se debe principalmente al contenido de oxígeno en la molécula de biodiesel, lo que permite una combustión más completa y limpia, con lo cual se reducen también las emisiones de CO debido precisamente a una mejor combustión. Asimismo el mayor número de cetano [32], garantiza la no formación de zonas ricas en combustible, aspecto que está relacionado directamente con la formación de CO [33].

El material particulado también experimenta reducciones debido al mayor contenido de oxígeno en la molécula de biodiesel [34], lo cual tal como se expresara anteriormente permite una combustión más completa aun en aquellas zonas de la cámara de combustión con llamas de difusión ricas en combustible, ayudando a la oxidación del hollín formado. Asimismo, el biodiesel se caracteriza por un menor contenido de azufre en comparación al gasoil.

El NOx es el único contaminante que muestra un incremento en sus emisiones. La emisión de NOx es función del oxígeno dentro de la cámara de combustión, la temperatura, la presión, compresibilidad y velocidad del sonido. Invariablemente, el biodiesel tiene cierto nivel de oxígeno unido a sus estructuras químicas. Por lo tanto, la concentración de oxígeno en el biodiesel es responsable de la formación de NOx. Además, el aumento de la emisión de NOx también es resultado del mayor número de cetano del biodiesel [35].

Asimismo, diversos trabajos informan que el biodiesel obtenido a partir de ACR ya sea solo o en mezcla posee características similares a las del gasoil con una reducción en cuanto a las emisiones de CO, HC y la opacidad del humo. De hecho, se demostró que las mezclas de gasoil con distintas concentraciones de biodiesel cumplen los estándares establecidos, observándose además un incremento en la viscosidad del combustible con el aumento de la concentración de biodiesel en la mezcla, junto a una caída en el contenido de azufre en el biocarburante [36].

11.- CONCLUSIONES.

El biodiesel es una opción válida al empleo del gasoil convencional, pudiendo utilizarse directamente como combustible en un motor diesel sin ninguna modificación. Tiene muchos aspectos positivos como alta biodegradabilidad, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones sin azufre, contaminantes sin partículas, baja toxicidad, excelente lubricidad. Se puede obtener a partir de fuentes renovables como aceites vegetales, grasas animales, etc. La transesterificación es el método más común para la producción de biodiesel. El aceite de cocina residual (ACR) es una materia prima rentable y prometedora. El proceso tradicional de producción de biodiesel se lleva a cabo en presencia de catalizadores básicos homogéneos como KOH, NaOH, CH₃ONa, y CH₃OK, con tiempos y temperaturas de reacción relativamente bajas (1h y 60°C - 70°C), pero los aceites con alto FFA pueden dar lugar a la formación de jabón. Los aspectos mencionados en el trabajo presente justifican la importancia del biodiesel en el contexto energético actual. Es en este marco, que se plantea la necesidad de ahondar en el estudio de la obtención del biodiesel a partir de recursos menos onerosos tal como el ACR y su posterior análisis, a los fines de determinar su performance como combustible en motores gasoleros. Asimismo, en base a lo expresado anteriormente, el proyecto tiene como finalidad encontrar desde el punto de vista ingenieril la mejor configuración de los elementos, que han de conformar la futura planta piloto destinada a la elaboración de biodiesel, considerando los recursos disponibles a fin de que el proceso de producción se lleve a cabo de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente.

- [1] FAO, (2008) "Conferencia de alto nivel sobre seguridad alimentaria mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía", Roma, Italia, del 3 al 5 de junio de 2008 [www.fao.org].
- [2] Maciel, C., (2009) "Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional". Economía Informa N° 359 pp 63-89 (julio- agosto 2009). Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [3] Aro, E.M., (2016). "From First Generation Biofuels to Advanced Solar Biofuels". *Ambio* 2016 (45-Suppl. 1): pp 24-31. Springer Nature Switzerland AG.
- [4] Steinbuks, J., Hertel, Tyner, W., (2015) "How much is the second generation biofuels technology worth to society?" World Bank. <https://blogs.worldbank.org/developmenttalk/how-much-second-generation-biofuels-technology-worth-society>. Accesado en agosto de 2019.
- [5] Dragone, G., Fernandes, B., Vicente, A., Teixeira, J. (2010). "Third Generation Biofuels from Microalgae". *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. N° 2 Microbiology Book Series pp. 1355-1366. Ed. A. Méndez-Vilas. FORMATEX Research Center, Badajoz, Spain.
- [6] Joshi, C., Nookaraju, A., (2012) "New Avenues of Bioenergy Production from Plants: Green Alternatives to Petroleum". *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*. Vol 3 Issue 7 pp. 1-5. Longdom Group SA. Brussels, Belgium.
- [7] Scholl, K. W., Sorenson, S. C., (1993) "Combustion of soybean oil methyl ester in a direct injection diesel engine". SAE International Congress & Exposition. Detroit, Michigan. March 1-5, 1993.
- [8] Hoekman, S. K., Robbins C., (2012) "Review of the effects of biodiesel on NOx emissions", *Fuel Processing Technology*, vol. 96, pp. 237-249. Elsevier.
- [9] Chang, D. Y. Z., Van Gerpen, J. H. (1997) "Fuel properties and engine performance for biodiesel prepared from modified feedstocks". SAE Paper No. 971684. Warrendale, Mich.: SAE. 1997.
- [10] Graboski, M. S., McCormick, R.L. (1998) "Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines" *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol 24, Issue 2, pp. 125-164. Elsevier.
- [11] Sharp, C. A. "Characterization of biodiesel exhaust emissions" for EPA 211(b). Final report for National Biodiesel Board. Southwest Research Institute, San Antonio, Texas. 1998.
- [12] Anastasi, C., Hudson, R., Simpson, V. J. (1990) "Effects of future fossil fuel use on CO₂ levels in the atmosphere". *Energy Policy*, vol. 18, N°. 10, pp. 936-944, dic. 1990.
- [13] Holtmark, B., Moestad, O. (2002) "Emission trading under the Kyoto Protocol, effects on fossil fuel markets under alternative regimes", *Energy Policy*, vol. 30, N°. 1, pp. 207-218, feb. 2002.
- [14] Vellguth, G. (1983) "Performance of vegetable oils and their monoesters as fuels for diesel engines" .1983 SAE International Off-Highway and Powerplant Congress and Exposition. International Off-Highway Meeting and Exposition Milwaukee, Wisconsin, September 12-15, 1983.
- [15] Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D. E., Suwannakarn, K., Bruce, D. A., Goodwin, J. G. (2005) "Synthesis of biodiesel via acid catalysis." *Industrial & Engineering Chemistry Research*. Vol 44, N°14 pp 5353-5363. American Chemical Society.
- [16] Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A., Jai-In, S. (2009) "A comparative study of KOH/Al₂O₃ and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil" *Renewable Energy*. Vol 34, N°4 pp 1145-1150. Elsevier.
- [17] Stratta, J. (2000) "BIOCOMBUSTIBLES: los aceites vegetales como constituyentes principales del biodiesel". Investigación y Desarrollo – Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado, Bolsa de Comercio de Rosario.
- [18] Nelson, K. (2009) "ASTM establece las normas para el biodiésel" ASTM International. https://www.astm.org/NEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html. Accesado Agosto 2019.
- [19] Barabás, I., Todoru, I., (2011) "Biodiesel-quality, emissions and by-products". Biodiesel quality, standards and properties. InTechOpen Limited. London, United Kingdom.
- [20] IRAM (2001) "Calidad de combustibles. Combustibles líquidos para uso automotor. BIODIESEL. Requisitos" N° 6515/01. Buenos Aires.
- [21] Al-Hamamre, Z., Yamin, J. (2014) "Parametric study of the alkali catalyzed transesterification of waste frying oil for biodiesel production". *Energy Conversion and Management*, vol. 79, pp. 246-254. Elsevier.
- [22] Meng, X., Chen, G. y Wang, Y (2008) "Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test", *Fuel Processing Technology*", vol. 89, pp. 851-857. Elsevier.
- [23] Dias, J. M., Alvim-Ferraz, M. C., and Almeida, M. F., (2008) "Comparison of the performance of different homogeneous alkali catalysts during transesterification of waste and virgin oils and evaluation of biodiesel quality", *Fuel*, vol. 87, Issues 17-18 pp. 3572-3578. Elsevier.
- [24] Carlini, M., Castellucci, S., Cocchi, S. (2014) "A Pilot-Scale Study of Waste Vegetable Oil Transesterification with Alkaline and Acidic Catalysts". 68th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2013. *Energy Procedia*, vol 45, pp 198 – 206.
- [25] Demirbas, A. (2008) "Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats", *Energy Conversion and Management*, vol. 49, pp. 125-130.
- [26] M. Canakci and J. Van Gerpen, (1999) "Biodiesel Production via Acid Catalysis," *American Society of Agricultural Engineers* vol. 42, pp. 1203–1210.
- [27] Ma, F., Hanna, M., (1999) "Biodiesel production : a review". *Bioresource Technology*, vol. 70,

pp. 1-15.

[28] Hindryawati, N., Pragas Maniam, G., Rezaul Karim, M., Feng Chong, K (2014) "Transesterification of used cooking oil over alkali metal (Li, Na, K) supported rice husk silica as potential solid base catalyst". Engineering Science and Technology, an International Journal, vol 17, Issue 2 pp 95-103.

[29] Cunha Jr, A. , Feddern, V., De Prá, M., Higarashi, M., De Abreu, P., Coldebella, A., (2013) "Synthesis and characterization of ethylic biodiesel from animal fat wastes", Fuel, vol 105 pp 228 – 234.

[30] Niculescu, R., Clenci, A., Iorga-Siman, V., (2019) "Review on the Use of Diesel–Biodiesel–Alcohol Blends in Compression Ignition Engines". Energies, vol 12 Issue 7 pp 1-42. MDPI, Basel, Switzerland.

[31] United States Environmental Protection Agency (2002) "A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions" Draft Technical Report. EPA420-P-02-001.pp 1-102.

[32] Mahesh, S. E., Ramanathan, A., Begum, K., Narayanan, A. (2015). "Biodiesel production from waste cooking oil using KBr impregnated CaO as catalyst". Energy Conversion and Management, vol. 91, pp 442-450.

[33] Elango, T., Senthilkumar T., (2011) "Combustion And Emission Characteristics Of A Diesel Engine Fuelled With Jatropa And Diesel Oil Blends", Thermal Science, vol. 15, No. 4, pp. 1205-1214.

[34] Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, A. K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K. (2016). "Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction". Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 53, pp 265-278.

[35] Hoekman, K., Robbins, C., (2012). "Review of the effects of biodiesel on NOx emissions". Fuel Processing Technology, vol 96, pp 237-249.

[36] Abed, K., El Morsi, A., Sayed, M., El Shaib, A., Gad, M. (2018) "Effect of waste cooking-oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine". Egyptian Journal of Petroleum, vol 27, pp 985-989.

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 a cabo este trabajo. Asimismo, agradecemos a la Profesora Silvina Alicia Bascary por su apoyo en la traducción del resumen de este trabajo del español al inglés.

Tecnologías disponibles para la producción del ácido fosfórico en el Perú

Suarez Fuentes, Juan Cancio*; Pantoja Carhuavilca, Hermes Yesser **

**Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).*

Juan.suarez7@unmsm.edu.pe

**Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).*

hpantojac@unmsm.edu.pe

RESUMEN.

El Perú viene exportando anualmente 3.9 millones de toneladas de concentrado de roca fosfórica de los yacimientos sedimentarios de Bayovar, el concentrado de roca fosfórica es materia prima para la producción del ácido fosfórico y otros fertilizantes fosfatados.

El presente artículo brinda una revisión conceptual de las distintas tecnologías empleadas en el mundo para la fabricación del ácido fosfórico (H_3PO_4).

Palabras Claves: Ácido fosfórico, Roca fosfórica.

ABSTRACT

Peru annually exports 3.9 million tons of phosphate rock concentrate from sedimentary deposits of Bayovar, these phosphate rock concentrate is raw material for the production of phosphoric acid and other phosphate fertilizers.

This article offers a conceptual review of the different technologies used in the world for the manufacture of phosphoric acid (H_3PO_4).

1. INTRODUCCIÓN

En el año de 1777 Karl Wihelm Scheele y Johan Gottlieb Gahn descubrieron el ácido fosfórico aplicando ácido nítrico sobre cenizas de hueso, pero este no tuvo aplicación industrial. En el año de 1,840 el alemán Justos Von Liebig en su libro "Química Orgánica y su aplicación en la agricultura y filosofía" indica el interés de utilizar el ácido fosfórico como fertilizante.

De acuerdo a Chaabouni, et al (2014) El ácido fosfórico es un importante producto químico intermedio que se utiliza principalmente para la fabricación de fertilizantes.

Las características principales del ácido fosfórico es que en su forma cristalina es un sólido puro, inodoro, de color blanco y en su forma líquida el ácido fosfórico es transparente, incoloro y viscoso dependiendo de la temperatura y de la concentración del P₂O₅.

2. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.

La mayor cantidad de ácido fosfórico consumido en el Perú es importada, el Perú tiene los recursos necesarios para producir este compuesto químico que es utilizado básicamente en la industria de fertilizantes y productos de limpieza.

Surge como interrogante en realizar una revisión literaria de las tecnologías existentes en la producción de ácido fosfórico.

3. BASES TEORICAS EN LA PRODUCCION DEL ACIDO FOSFORICO

En el mundo, los yacimientos ricos en fosfatos están siendo reemplazados gradualmente con yacimientos de minerales que contienen todo tipo de impurezas tales como dolomita, materia orgánica, carbonatos, silicatos, cloruros y otras sustancias representando un reto para la transformación de las tecnologías tradicionales (Prud'homme, 2010).

Todos los nuevos procesos tecnológicos son impulsados por las altas impurezas de los yacimientos (stock), presentando una serie de desafíos a las técnicas de procesamiento tradicionales. Cuerpos de mineral de menor ley y recursos secundarios, aunque exhibiendo muy diferentes características físicas y químicas son abordados con novedosas soluciones de proceso que comparten ciertas características: minimiza la concentración de contaminantes y la alta eficiencia de los materiales (Hermann et al. 2014) Finalmente, los esfuerzos generalizados para recuperación de recursos secundarios de los fosfatos, implican nuevos procesos y productos que gradualmente, pueden influir en el mercado de fertilizantes (Hermann et al. 2014).

En la tabla 1 se presentan un resumen de los procesos existentes y nuevos en la fabricación del ácido fosfórico:

Tabla 1 *Procesos en la fabricación del ácido fosfórico.*

	Acido fosfórico por vía húmeda	Acido fosfórico por vía térmica
Procesos actuales	Utilizando Ácido Sulfúrico	Horno eléctrico
		Alto horno
Procesos innovadores	Utilizando Ácido Clorhídrico	Horno Rotatorio

Elaboración propia, Fuente: Hermann, L. (2014, November). A review of innovations in mineral fertilizer production. In World Fertilizer Congress (Vol. 16, p. 105).

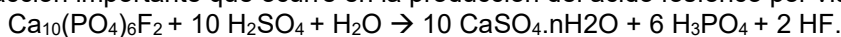
3.1. Procesos actuales.

3.1.1 Procesos por vía húmeda utilizando ácido sulfúrico.

De acuerdo a Hermann (2014), en el mundo aproximadamente el 96% de las rocas fosfatadas son procesadas. Más del 90% son acidulados por la ruta química húmeda: convertida con ácido sulfúrico a ácido fosfórico (72-78%), tratado con ácido sulfúrico a superfosfato simple y parcialmente acidulado (10-14%) o convertido con nitrógeno a nitrofosfatos (2-4%).

De acuerdo a Chaabouni et. al (2014) La tecnología de ácido fosfórico (H₃PO₄) del proceso húmedo comprende esencialmente el ataque de ácido sulfúrico (H₂SO₄) de la roca fosfórica (Ca₁₀(PO₄)₆F₂) y la separación del ácido fosfórico de los cristales del sulfato de calcio resultante de la reacción.

De acuerdo a Becker (1983) tanto el ataque como la separación, que se efectúa por filtración, se ven considerablemente afectados por la naturaleza del mineral y sus impurezas. Además del fosfato de calcio, los minerales de fosfato contienen 10-15 impurezas principales y otros 16 oligoelementos. La reacción importante que ocurre en la producción del ácido fosfórico por vía húmeda es la siguiente:



Para Pereira (2003) Las condiciones operativas en el valor de los diversos parámetros (temperatura, concentración de ácido) en la producción del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) definen el proceso:

- $n = 0$ formación de anhidrita CaSO_4 (50 - 55% P_2O_5 a 120 - 130 °C)
- $n = 0.5$ formación de hemidrita $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ (40 - 45% P_2O_5 a 20 -100 °C)
- $n = 2$ formación de dihidrita $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (30 - 32% P_2O_5 a 67 - 78 °C)

De acuerdo Sluis (1987) Las tecnologías existentes en la fabricación del ácido por vía húmeda utilizando el ácido sulfúrico son anhidrita (CaSO_4) "AH", hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) "HH" y dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) "DH", los cuales son descritos en la tabla 2.

Tabla 2 *Procesos húmedos utilizando el ácido sulfúrico.*

Proceso	Temperatura (°C)	Concentración % P_2O_5	Compañía / Nombre
Dihidrato (DH)	70 – 85	28 – 32	Prayon, Jacobs Dorco, SIAPE Kellog -Lopker, Norsk Hidro, IITPIC, Rhone Poulenc
Hemidrato (HD)	90 – 100	35 – 50	Norsk Hydro, Jacobs Dorco, Occidental
DH / HH Doble filtración	Etapa 1: 65 – 70 Etapa 2: 95 – 100	35 – 38	Prayon
HH / DH Simple filtración	Etapa 1: 90 – 100 Etapa 2: 55 – 65	30 – 32	Nippon Kokan, Nissan Mitsubishi
HH / DH Doble filtración	90 – 100	30 – 50	Singmaster & Breyer, Norsk Hydro, Nissan, Nippon Kokan
Anhidrita (AH)	100 – 240	40 – 50	Nordengren

Fuente: Sier van der Sluis Clean Technology Phosphoric acid process (1987).

En la figura Nº 1 se muestra el diagrama de flujo de la tecnología dihidrato para la producción del ácido fosfórico (H_3PO_4) utilizando como materia prima la roca fosfórica ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) y al ácido sulfúrico (H_2SO_4) como reactivo.

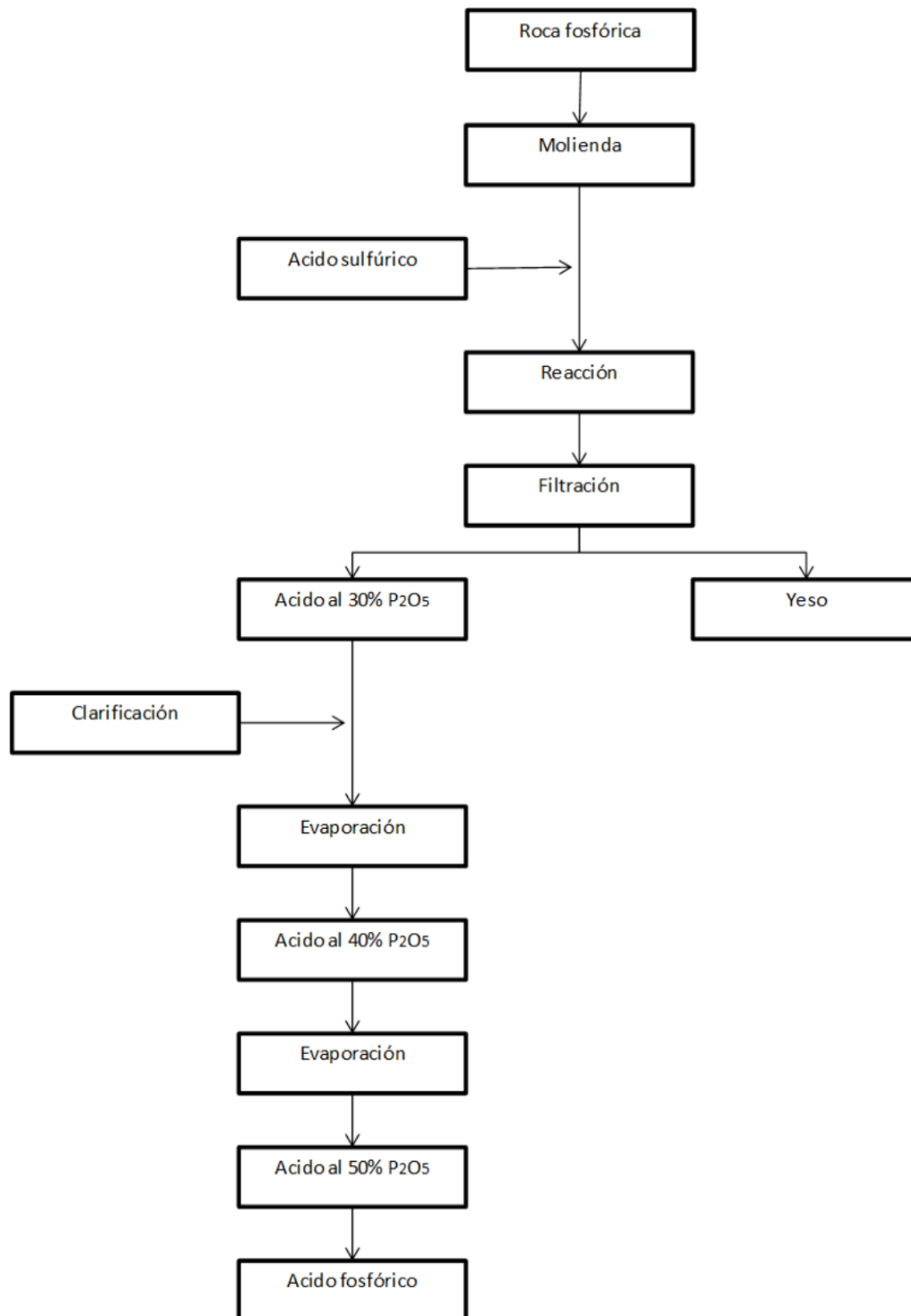


Figura 1 Esquema principal del proceso dihidratado.

Fuente: Becker P. (1989) Phosphates and Phosphoric acid. Raw Materials, technology and economic of the wet process, Marcel Dekker, Inc, Second Edition.

3.1.2 Procesos por vía térmica.

Menos del 5 % se transforma mediante un proceso térmico, que se produce a partir de cloruros, óxidos y sulfuros actuando como punto de entrada para producir ácido fosfórico de alto grado (Hermann et al, 2014).

3.1.2.1 Procesos de horno eléctrico.

El proceso de arco eléctrico tradicional, que se usa en los Estados Unidos, China, Vietnam y Kazajstán, consta de dos pasos: El primer paso es una aglomeración de la roca a 1.500°C produciendo fragmentos de hasta 10 cm de tamaño o una granulación húmeda con una carpeta de arcilla, seguida por una fase de calentamiento a 800°C que produce pellets de 1-2 cm de diámetro.

Este paso también sirve para eliminar los carbonatos y sulfatos que son perjudiciales para el uso de energía en el subsiguiente proceso de horno de arco eléctrico (Hermann et al, 2014).

Los pellets de roca fosfórica mezclado con coque como agente reductor y roca de sílice (SiO₂) para la formación de escoria. La mezcla se alimenta a un horno calentado a 1,500°C por medio de resistencia eléctrica. Bajo estas condiciones, el fosfato se reduce a fósforo gaseoso (P₄) que sale del horno junto con el subproducto monóxido de carbono (CO) y algo de polvo. El polvo se retira en un precipitador electrostático y tras la calcinación el fósforo gaseoso (P₄) se condensa en líquido formado el ácido fosfórico.

El óxido de calcio que se deja en el horno después de que los fosfatos han reaccionado, se combina con la roca de sílice (SiO₂) para formar una escoria líquida, que es directamente enfriado con agua. Este material puede ser utilizado como material de construcción de carretera.

El hierro, presente como impureza en la roca, se reduce también en el horno, formando una escoria ferrosfórica que contiene aproximadamente el 75 % de hierro y 25 % de fósforo con pequeñas cantidades de otros metales. Este es usado como un aditivo de acero (Hermann et al, 2014).

3.1.2.2 Procesos de alto horno.

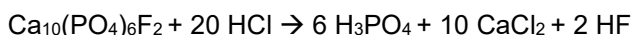
Esta tecnología nacida en Estados Unidos fue utilizada comercialmente por Victor Chemical Works entre 1929 y 1938. El proceso de fabricación del ácido fosfórico por el proceso de alto horno se realizaba utilizando sílice (SiO₂) y coque (carbón) con una relación molar apropiada. En estos equipos se liberará el fósforo (P₂) para luego continuar con la oxidación a P₂O₅ y finalmente con la hidratación a H₃PO₄.

3.2. Procesos innovadores.

Aunque la invención y desarrollo inicial de la mayoría de los procesos se presentan a continuación se remonta a las últimas décadas del siglo pasado, sólo recientemente han atraído inversiones correspondientes en piloto y pequeñas plantas industriales. Esto puede deberse en gran parte a los recientes cambios en la geología, marco ambiental y económica de la minería y el procesamiento de fosfato (Hermann et al, 2014).

3.2.1 Proceso utilizando ácido clorhídrico.

La representación de la acidulación de la roca fosfórica (Ca₁₀(PO₄)₆F₂) utilizando ácido clorhídrico (HCl) para la formación del ácido fosfórico (H₃PO₄) puede ser representado en la siguiente reacción



El proceso ocurre en dos etapas: En la primera etapa es la digestión directa de la roca fosfórica con el ácido clorhídrico (figura 2). En la segunda etapa el ácido fosfórico puede ser separado del cloruro de calcio mediante extracción por solventes con alcoholes que contienen un mix de C₄ y C₅ (figura 3).

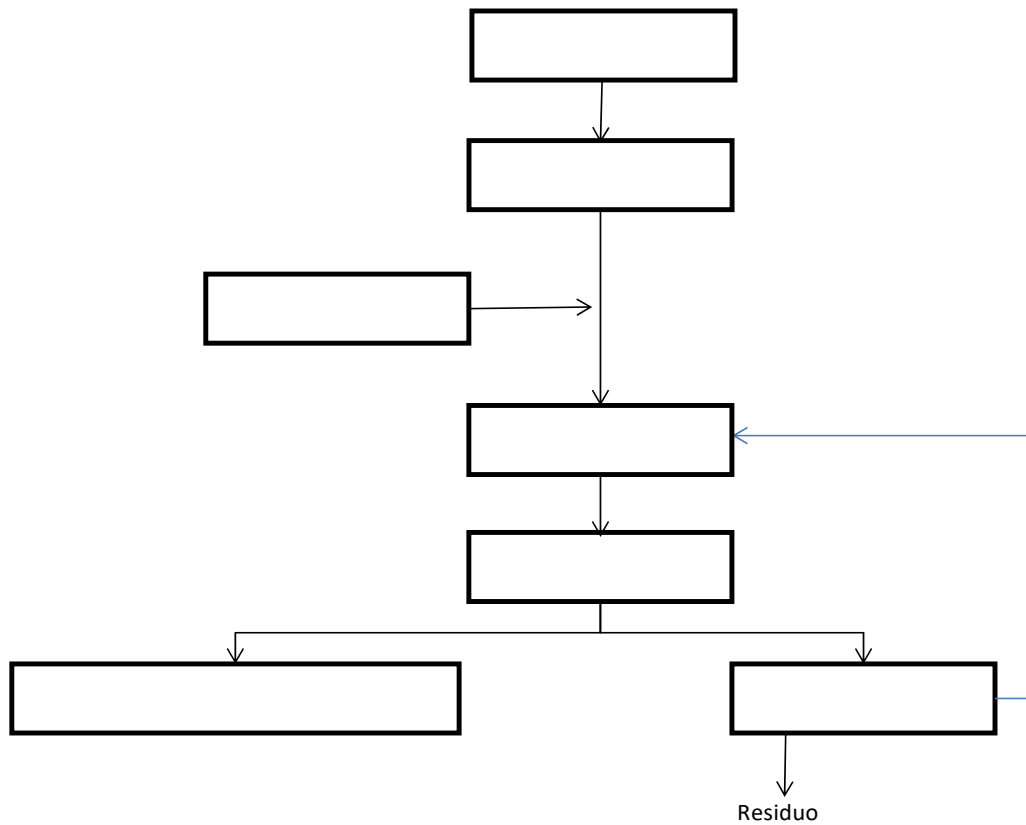


Figura 2 Diagrama de flujo de la Primera etapa de digestión de roca fosfórica.

Fuente: Sier van der Sluis Clean Technology Phosphoric acid process (1987).

Una de las ventajas importantes de este proceso es que reduce el nivel de impurezas obteniendo concentrados de ácido fosfórico mayor a 50% P_2O_5 y como desventaja es la alta corrosión de los equipos de planta

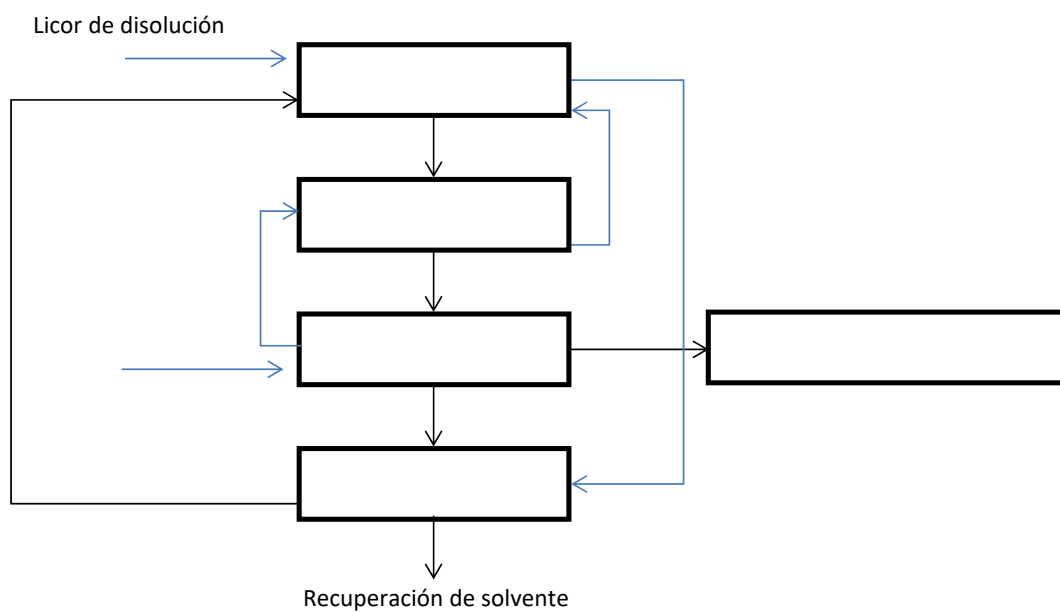
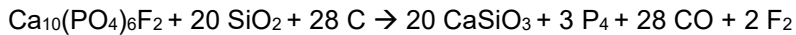


Figura 3 Diagrama de flujo de la Segunda Etapa de Extracción por solvente

Fuente: Sier van der Sluis Clean Technology Phosphoric acid process (1987).

3.2.2 Proceso térmico utilizando el horno rotatorio.

Los materiales como la roca fosfórica ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) la roca de sílice (SiO_2) y el coque (C) son finamente molidos como preparación mecánica luego se producen pellets y estos son alimentados al horno rotatorio que se encuentra entre 1200 a 1400 °C, La reacción más importante que ocurre en la producción del ácido fosfórico al interior del horno rotatorio es la siguiente:



Después de que ocurra la reacción en el interior del, las moléculas de fósforo se oxidan con cinco moléculas de oxígeno forman dos moléculas de pentóxido de fósforo, tal como se muestra en la siguiente reacción.

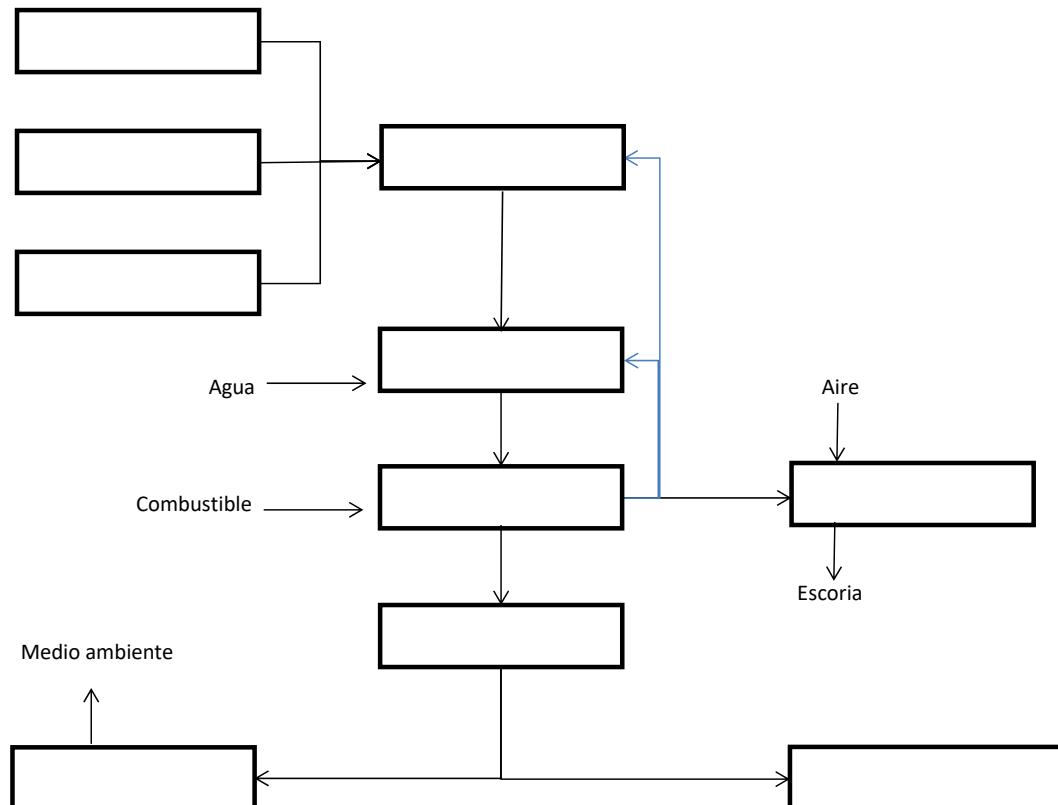
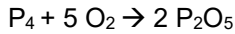


Figura 4 Diagrama de flujo de la producción de ácido fosfórico utilizando horno rotatorio.

Fuente: Sier van der Sluis *Clean Technology Phosphoric acid process (1987)*.

Finalmente, la hidratación en la que una molécula de pentóxido de fósforo (P_2O_5) reacciona con tres de agua para formar finalmente dos moléculas de ácido fosfórico.



El Dr. Joseph Allen Megy (2015) fundador de JDC Phosphates (JDCP), Bartow, Florida, empresa donde se viene desarrollando esta tecnología que es adecuado para el uso en abonos sólidos y líquidos y para su uso en aplicaciones industriales. JDCP espera que este proceso una vez validado a escala industrial, aumentar significativamente la vida útil de las reservas de mineral de fosfato de todo el mundo; reducir los costos operativos asociados con el procesamiento de mineral de fosfato en ácido fosfórico de alta calidad; y tener un menor impacto ambiental de los procesos existentes.

4. CONCLUSIONES.

Todos los procesos desarrollados en la industrial del ácido fosfórico, son impulsados por las características de los distintos yacimientos existentes en el mundo, los cuales varían por su mineralogía y su composición, así también otro factor importante para la selección de la tecnología son la facilidad que exista en la obtención de insumos para su fabricación como son agua, ácido y/o azufre, coque, rocas de sílice, energía eléctrica y otros recursos que permitan obtener el producto final.

Las nuevas tecnologías están enfocadas en dar uso a la roca fosfórica de menor contenido de fósforo (P) ley o minerales de baja ley con bajo níquel que este requiere los que se encuentran con impurezas y distintos tipos de mineralogía

En el caso de nuestro país se tiene rocas fosfóricas tanto en la región de Piura como en Junín, así también la facilidad de los diferentes insumos y recursos como la energía eléctrica, para el desarrollo tecnológico en la producción del ácido fosfórico.

5. REFERENCIAS.

Alegre, J. C., & Chumbimune, R. (1992). Investigaciones y usos de la roca fosfórica en el Perú. Memorias de la II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica, San Cristóbal, Edo. de Tachira, Venezuela.

Becker, P. (1983). Phosphate and phosphoric acid. Fertilizer Science and Technology Series, 3.

Campodónico, H. (13 de julio de 2015). Bayóvar, roca fosfórica y diversificación productiva. La República, Lima.

Chaabouni, A., Chtara, C., Nzihou, A., & El Feki, H. (2015). Textural And Mineralogical Studies Of Two Tunisian Sedimentary Phosphates Or Carbonated Fluorapatite Used In The Process Of Production Of Phosphoric Acid. International Journal of Scientific & T.

Chaabouni, A., Chtara, C., Nzihou, A., & El Feki, H. (2013). Kinetic study of the dissolution of Tunisian natural phosphate or francolite in industrial phosphoric acid. Journal.

Chaabouni, A., Chtara, C., Nzihou, A., & El Feki, H. (2014). Study the Nature and the Effects of the Impurities of Phosphate Rock in the Plants of Production of Phosphoric Acid. Journal: Journal of Advances in Chemistry, 7(2).

Cheney, T. M., McClellan, G. H., & Montgomery, E. S. (1979). Sechura phosphate deposits, their stratigraphy, origin, and composition. Economic Geology, 74(2), 232-259.

Focus Ventures LTD. Bayovar. (s.f.). Obtenido de <http://www.focusventuresltd.com/s/Bayovar12.asp>

Hermann, L. (2014, November). A review of innovations in mineral fertilizer production. In World Fertilizer Congress (Vol. 16, p. 105).

INEI & Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012.

Janikowski, S. M., Robinson, N., & Sheldrick, W. F. (1964). JanikInsoluble Phosphate Losses in Phosphoric Acid Manufacture by the Wet Process: Theory and Experimental.

Lehr, J. R. M., & Guerry, H. (1973). Phosphate rocks: important factors in their economic and technical evaluation (No. Folleto 4342).

León, L. (1991). La experiencia del Centro Internacional para el Desarrollo de Fertilizantes en el uso de rocas fosfóricas en América Latina. Revista de la Facultad de Agronomía, 17(1-4), 49-69.

McKelvey, V. E. (1967). Phosphate deposits (No. 1252-D). US Govt. Print. Off.

Mechay, A., Elfeki, H., & Jouini, N. (2014). Effect of spark plasma sintering process on the microstructure and mechanical properties of Nano crystalline hydroxyapatite ceramics prepared by hydrolysis in polyol medium. International Journal of Advanced Chemistry.

Oruna, J. C. (2016). Explotación de los yacimientos de fosfatos en Bayóvar. Perfiles de Ingeniería, 2(11).

Porter, M. (1990). Ventaja competitiva. México: Cecsca.

Sauchelli, V. . (1970). Química y tecnología de los abonos nitrogenados.

Scholz, R. W., Roy, A. H., & Hellums, D. T. (2014). Scholz, R. W., Sustainable phosphorus management: a transdisciplinary challenge. In Sustainable Phosphorus Management (pp. 1-128).

Slack, A. V. (1968). Phosphoric Acid, Parts I and II. Fertilizer Science and Technology Series, Vol. 1.

Sluis, S. v. (s.f.). A clean technology phosphoric acid process. 1987 .

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and International Fertilizer Development Center (IFDC). (1979). Fertilizer Manual 1979.

Van Der Sluis, S., Witkamp, G. J., & Van Rosmalen, G. M. (1986). Crystallization of calcium sulfate in concentrated phosphoric acid. *Journal of Crystal Growth*, 79(1-3), 620-629.

Contenido “La Educación en la Ingeniería Industrial”

Contenido “La Educación en la Ingeniería Industrial”	595
Hacia un enfoque curricular promotor de la creatividad y la innovación en los estudiantes de ingeniería industrial en el ámbito de industria 4.0	596
CENS: determinación del grado de evolución de los estudiantes de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora	602
Aplicaciones de la Topología en la Impresión 3D	613
Estrategias para la enseñanza del concepto de productividad	620
Estrategias para la enseñanza del concepto de evaluación de desempeño	629
Modelo de formación por competencias: análisis de un proceso de transición en docentes de ingeniería	638
Aprendizaje activo sobre Manufactura Esbelta en las aulas universitarias a través de un Juego Serio.....	644
Comparación de métodos de cronometraje en el estudio de métodos y tiempos abordado en la carrera de ingeniería industrial.	653
¿Por qué aprender en equipo la Gestión de la Calidad?	664
Propuesta de implementación de curso-taller complementario de automatización mediante PLC para estudiantes de ingeniería industrial	675
La inserción de TIC en el aula a través de juegos educativos	684
Como establecer competencias de egreso en las Prácticas Profesionales Supervisadas	691
Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de juegos serios.....	703
Aplicación de Flipped Learning y su influencia en el rendimiento académico en Métodos Numéricos, en los estudiantes de Ingeniería	712

Hacia un enfoque curricular promotor de la creatividad y la innovación en los estudiantes de ingeniería industrial en el ámbito de industria 4.0

Vaquer, Alejandro^{*}; Traverso, María Delia¹; Vitaller, Laura²; Di Maio, Sofía³; Ingrao, Pablo⁴

**Facultad de Ingeniería, Universidad de Morón. Cabildo 134, (1708) Morón, Prov. Bs. As.*

avaquer@unimoron.edu.ar mtraverso@unimoron.edu.ar vita_lau@hotmail.com

sofiadimaio@hotmail.com pabloji22@hotmail.com

RESUMEN.

La Industria 4.0 o 4ta. Revolución Industrial es el dominio de los procesos industriales por medios cibernéticos [1]. Esta cibercultura requiere ingenieros competentes técnicamente, creativos, innovadores y capaces de comunicarse de manera compleja [2,3]. Tal formación implica un enfoque de enseñanza acorde. Investigamos: cuáles son los factores que promueven la creatividad y la innovación de los estudiantes de Ingeniería Industrial e impulsan el rol del docente hacia un enfoque curricular promotor de ellos. Se trabajó sobre los docentes, titular y ayudante, y 40 alumnos de la materia Organización Industrial A (80% trabaja) de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón, turno noche, en los períodos lectivos 2018 y 2019. Se aplicó la investigación-acción donde dos observadoras registraron el desarrollo de las clases y a posteriori analizaron con los docentes, elaborando categorías conceptuales: postura del docente frente al alumnado, participación de los alumnos, estrategias, recursos didácticos y evaluación. Dieron lugar a postular un nuevo enfoque para los cursos que se implementó durante 2018 y 2019, pasando de la práctica conductista al modelo ecológico [4]. Los alumnos respondieron positivamente al nuevo enfoque. El nivel de aprobación de trabajos prácticos fue 92,3 % en 2019; lo que dio un incremento de 26 % entre 2017 y 2019.

Palabras Claves: Factores de enseñanza en el contexto Industria 4.0. Descentralización docente. Mejoramiento continuo. Interacción grupal. Evaluación.

ABSTRACT.

Industry 4.0 or 4th Industrial Revolution is the domain of industrial processes by cybernetic means [1]. This cyber culture requires skilled Engineers technically competent, possessed of creativity and capability to innovate and communicate in a complex way [2,3]. Such capabilities focus in new ways of teaching. The sample group to investigate were two professors and 40 pupils from the subject Industrial Organization A belonging to the Industrial Engineering career at the University of Morón, night shift, during 2018 and 2019 school periods. 80% of these students worked. According to Action Research methodology, two observers witnessed the class, discussing afterwards the results of the analysis defining conceptual categories: teacher's posture during classes, students' participation, didactic strategies and resources, evaluation. Consequently, professors switched from behaviorist to ecological model of teaching [4]. The students reacted creatively to the new focus. Practical Jobs' approval level reached 92,3 % in 2019, therefor increased by 26 % between 2017 and 2019.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y Estado actual del tema

Relevamos los aportes teóricos con relación al objeto de estudio que presentamos: “los factores de enseñanza que optimizan el aprendizaje de los estudiantes de la asignatura ‘Organización Industrial A’ de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón”. Para ello rescatamos los siguientes planteos:

-el modelo ecológico/sistémico de enseñanza en la vida del aula de Gimeno Sacristán y Pérez Gómez. [5]

-la “teoría de aprendizaje por recepción significativa” de David Ausubel. [6]

-la corriente de la “Ingeniería Didáctica” de la escuela francesa.

-el papel de la creatividad.

-el papel formativo de la evaluación.

Estos últimos tres aportes trabajados integralmente por Olga Carabús. [7]

Con respecto al modelo ecológico/sistémico de enseñanza, la vida en el aula es concebida en términos de intercambios socioculturales y asume los principales supuestos del modelo mediacional, que reconoce que existen procesos internos en el sujeto y que éstos son relativamente cognoscibles. En el modelo ecológico se observa la preocupación por integrar los supuestos del mediacional en un análisis complejo de mecanismos, factores y sistemas socioculturales que le dan singularidad al aula. La institución educativa y el contexto establecen relaciones de continuos intercambios, equilibrios y reequilibrios con el medio. Los individuos no aparecen aislados sino como miembros de una institución con intencionalidad, organización y clima de intercambio. Se detectan procesos cognitivos, de relaciones con el medio ambiente, comportamiento individual y grupal y en un espacio físico y psicosocial. Se destacan las variables: situacionales, experienciales y comunicacionales. Las variables situacionales están constituidas por el contexto complejo y cambiante donde viven los estudiantes y los docentes y que definen el clima físico y psicosocial del aula. Las variables experienciales se refieren a los significados y modos de actuación que traen ambos; la trama de conceptos, teorías, afectos y hábitos que cada sujeto acumuló en su experiencia histórica y que actúan en la vida del aula. Entre las variables comunicacionales encontramos las relaciones que se establecen en el aula a niveles: intra e interpersonales, grupales e intergrupales. Desde este modelo la vida en el aula se organiza en dos subsistemas: el de las tareas académicas y el de la participación social; ambos atravesados por el carácter intencional y evaluador. La interacción entre estudiantes y profesores se da en un clima de intercambios formalizado por las actuaciones de los estudiantes y las calificaciones del profesor. La evaluación es concebida no sólo como un proceso final o producto del proceso de enseñanza, sino fundamentalmente como formativo y constitutivo de la vida en el aula, enraizado en la dinámica enseñanza y aprendizaje y donde el error es constructivo. El riesgo y la ambigüedad son las características de las tareas en este modelo: riesgo de pensar como la capacidad de encontrar más de una respuesta y arriesgarse a dar respuestas ante un problema y, ambigüedad en que puede haber más de una respuesta ante una situación y que en todo caso se discute grupalmente la mejor.

De la “teoría del aprendizaje por recepción significativa” rescatamos la importancia de la construcción de una trama de significados en el sistema cognitivo del sujeto/estudiante, en el que los conocimientos previos son resignificados, transformados o modificados por nuevos conocimientos. Esta transformación implica el establecimiento de interacciones entre los conocimientos previos y los nuevos a través de contenidos nexos (“organizadores avanzados”) que el docente debe saber seleccionar. La posibilidad de otorgar significados a los contenidos integrándolos en una estructura cognitiva, favorece la comprensión y la resistencia al olvido.

En cuanto a la “Ingeniería Didáctica”, es un corriente de investigación en la enseñanza de la matemática sobre las condiciones de aprendizaje de los estudiantes para optimizar dicho aprendizaje. Esta corriente valora los aportes neurocientíficos, entre otros el rescatar la intuición como actividad del hemisferio derecho y que cumple un importante papel en el conocimiento.

En esta corriente se encuentra la “teoría de las situaciones didácticas” de Brousseau [8]; se basa fundamentalmente en la didáctica instrumento-objeto, donde el objeto es el saber del mundo científico y el instrumento es la metodología que construye el mundo educativo para enseñar. La resolución de problemas es la estrategia propuesta para la enseñanza de la matemática. El acceso a estos problemas es a través de marcos para trabajar el “sistema cognitivo complejo” conformado entre los estudiantes, los profesores y el contexto. Los instrumentos pertenecientes a diversos marcos pueden ser: físicos, geométricos, numéricos, gráficos y lingüísticos. Este camino permitiría el acceso al mundo académico. Otro aspecto destacable en esta teoría son las representaciones metacognitivas, es decir, la reflexión del sujeto sobre su propio aprendizaje. Brousseau presenta una estrategia en la resolución de problemas que pasa por los siguientes niveles: el intuitivo (qué es capaz el estudiante de percibir), el declarativo (qué es capaz de explicar), el argumentativo (cómo sostiene lo explicado ante los demás) y el institucionalizado (acuerdo para que el proceso alcance un estatus normativo). Como complemento a esta “Ingeniería Didáctica”, Carabús propone al nivel universitario el valor de la evaluación como proceso constante en la enseñanza y la formación de “capacidades” del estudiante, como saberes complejos que conforman un

entramado entre conocimientos conceptuales, actitudes y habilidades. Sintetizamos sus propuestas sobre un “plan integral” para la universidad donde: los objetivos sean analizados entre estudiantes y docentes, los contenidos sean acordes a los objetivos, los métodos están basados en la resolución de problemas por descubrimiento y con soluciones creativas; donde los instrumentos de evaluación se basan en la diversificación, en la autoevaluación, en portfolios, en sistemas de créditos por procesos usados por los estudiantes, y no sólo por resultados; un ambiente áulico creativo y comunicativo, donde el docente sea un modelo de creatividad y una institución que tenga como propósito la formación de estudiantes creativos.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivos generales

- Investigar sobre factores de la enseñanza en las clases de “Organización Industrial A” de la carrera de Ingeniería Industrial que promueven la proactividad y el dinamismo en el estudio de los estudiantes, hacia la creatividad y la innovación.
- Impulsar el rol del docente hacia un enfoque curricular promotor de ellos.
- Mejorar el rendimiento de los estudiantes de la asignatura “Organización Industrial A” de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón.

1.2.2 Objetivos específicos

- Integrar factores de enseñanza incidentes en la promoción de la proactividad y dinamismo en el estudio de los estudiantes a un modelo de enseñanza de la “Organización Industrial A” superador de la pasividad del estudiante en el aula.
- Promover la orientación hacia nuevas estrategias de enseñanza en el aula de la asignatura de “Organización Industrial A” de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón.

1.3. Formulación del problema

El Mercado requiere ingenieros competentes técnicamente, poseedores de creatividad y en armonía con los ambientes donde ejercen su profesión. El Mundo está experimentando en estos años la consolidación de las Técnicas Digitales que disparan la productividad a niveles superlativos respecto de lo conocido al presente y pasado reciente. En este nuevo escenario, la creatividad e innovación y la comunicación compleja son ingredientes que los futuros profesionales deben adquirir durante su paso por la Universidad. Para otorgar tales capacidades se necesitan metodologías de enseñanza acordes. Sin embargo, las metodologías que se aplican en general condicionan la calidad del contenido. Un modelo de enseñanza “proceso-producto” donde las estrategias de enseñanza llevan a que los estudiantes asuman posturas pasivas esperando que el docente les dé los conceptos a los que deberían llegar ellos mismos en una fase inicial con su creatividad, esfuerzo y motivación.

Los estudiantes de la Universidad de Morón se caracterizan según datos registrados por que en un promedio del 80 y 85% trabajan y llegan a clase con la carga emocional y física propia de sus responsabilidades; como consecuencia, deben hacer un esfuerzo adicional para integrarse a la clase, cosa que hacen parcialmente.

El problema es relevante porque apunta al corazón mismo de la enseñanza de la Ingeniería. La profesión apunta a formar ingenieros competentes que comprendan cómo funciona la realidad y la puedan modificar con el trabajo diario de modo de completar metas y objetivos.

Actualmente, los docentes están muy habituados al modelo conductista, donde el docente expone y los estudiantes en general callan y leen mecánicamente; tanto docentes como estudiantes deberán modificar su enfoque educativo basado en un modelo equilibrado con las demandas y necesidades contextuales y profesionales.

El modelo “proceso-producto” basado en la actividad del docente como presentador de estímulos para obtener la conducta esperable de los estudiantes está ampliamente difundido en el mundo educativo y laboral, sin dejar de estar acompañado por fracasos personales, institucionales, sociales y económicos. Los planes de formación prevén que un profesor (o instructor en situación de fábrica) esté al frente de la clase y los estudiantes escuchen atentamente, pero no participen activamente en el desarrollo de la clase.

Las actividades para las que se prepara el egresado de Ingeniería Industrial y manifestadas en sus incumbencias profesionales (Ordenanza 1114/2016 del Consejo Superior Universitario) requieren de un perfil profesional abierto a la resolución de conflictos y problemas no sólo tecnológicos, sino de comunicación humana. La complejidad de los procesos industriales requiere de un profesional con capacidades sobre el saber pensar, con mirada reflexiva y compleja. Esta habilidad debe aprenderse durante la formación universitaria a través de un currículo organizado para ello. Este currículo incluye desde la postura de la institución formadora hasta las estrategias seleccionadas por el docente para el trabajo en el aula, así como la inclusión de las características del estudiantado y el contexto. Sintetizamos a partir de lo desarrollado que trabajamos con el siguiente universo: “Las clases de la asignatura ‘Organización Industrial A’ de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón.”

Las unidades de análisis son: “Cada clase de la asignatura ‘Organización Industrial A’ de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón.”

La problemática se resume en la siguiente pregunta-problema: “¿Qué factores de la enseñanza en las clases de la asignatura “Organización Industrial A” promueven la proactividad y el dinamismo del aprendizaje de los estudiantes hacia la creatividad y la innovación?”

El objeto de estudio de esta investigación, por lo tanto, es: “Los factores de la enseñanza en las clases de la asignatura “Organización Industrial A” que promueven la proactividad y el dinamismo del aprendizaje de los estudiantes hacia la creatividad y la innovación.”

1.4. Hipótesis de la Investigación

Si bien esta es una investigación cualitativa y por lo tanto se parte de lo empíricamente observado para intentar categorizarlo, no se puede negar la intencionalidad del investigador con la que aborda la problemática; llamaremos a esta hipótesis preconcebida “proto-hipótesis”. En esta investigación partiremos de su explicitación: “La implementación de un modelo de enseñanza basado en la participación propositiva del estudiante favorece su rendimiento en la asignatura ‘Organización Industrial A’ de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón.” Para ello habrá que estudiar y sistematizar qué factores componen ese modelo de enseñanza, objeto de esta investigación, que seguramente aportará un plus al estado del arte en cuestión. Sin embargo, esto es aproximativo, ya que no se pueden realizar suposiciones apriorísticas porque se negarían los fundamentos de la metodología cualitativa que es elaborar nuevo conocimiento teórico a partir de la empírica.

1.5. Metodología de Trabajo.

La estrategia metodológica para trabajar será la de “investigación-acción” que implica que el docente es investigador de su propia práctica. El docente es capaz de reflexionar con el resto del equipo de la investigación a partir de lo actuado en clase.

Al comienzo del período lectivo 2018 se realizó una encuesta para caracterización del grupo de estudiantes de la cátedra “Organización Industrial A”, datos que se relevaron: edad, género, localidad y partido donde vive, trabaja: SÍ- NO, Localidad y partido donde trabaja, responsable de familia: SÍ- NO, año de inicio de la carrera.

Las observadoras tomaron registro de clases de la asignatura “Organización Industrial A” durante el desarrollo de dos/tres unidades no consecutivas.

Los registros se analizaron y se elaboraron categorizaciones sobre ellos.

En el proceso de las clases de las unidades seleccionadas se realizaron metaevaluaciones con los estudiantes al finalizar las mismas. Comentando oralmente sus logros y dificultades frente al tema.

1.6. Resultados esperados

El proyecto de investigación persiguió los resultados que se detallan a continuación.

Elaboración de teoría sobre los factores de la enseñanza en las clases de “Organización Industrial A” de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Morón que promueven la proactividad y el dinamismo en el estudio de los estudiantes e integrarlos a un modelo de enseñanza superador, hacia la creatividad y la innovación.

Optimización de los aprendizajes de los estudiantes de la asignatura “Organización Industrial A” de Ingeniería Industrial de la UM a través de la implementación de nuevas estrategias de enseñanza de la asignatura “Organización Industrial A” basadas en la proactividad.

Extensión, debate y articulación de los resultados de esta investigación con representantes de otras cátedras de la carrera Ingeniería Industrial y de la Ingeniería en General.

Mejoramiento del rendimiento de los estudiantes de la asignatura de “Organización Industrial A” y su extensión a otras asignaturas.

2. ORGANIZACIÓN Y DINÁMICA DE LAS CLASES

El docente analizó su proceso de enseñanza desde 2015 al cursar una diplomatura en Educación Superior. En 2017 inició una investigación sobre su Cátedra con la colaboración de didactas.

En 2018 se iniciaron las observaciones de clases y desde la metodología “investigación-acción”, las observadoras hicieron sus devoluciones sobre lo registrado.

Entre el titular a cargo y el ayudante de cátedra, las observadoras y la orientadora en didáctica, se analizaron y se buscaron nuevas estrategias superadoras.

Al docente le interesó trabajar con el uso del aula virtual, ya que planteó que es una modalidad que orienta al nuevo perfil del ingeniero industrial y a los estudiantes como futuros profesionales.

Apuntó al descubrimiento en el tratamiento de los temas y hasta se animó al planteo de lo lúdico. Por ejemplo, el docente aprovechó el juego “buscando a Wally” para trabajar con los alumnos los conceptos en uso, entre otros escenarios, en la inspección de piezas industriales: positivo, negativo, falso positivo, falso negativo. Esta estrategia reflejó la actitud despertada en el docente para enseñar conceptos difíciles de explicar por su nivel de abstracción. Una clara actitud de creatividad en la enseñanza; creatividad que pretende promover en sus alumnos.

También orientó la enseñanza al mejoramiento continuo, lo que implica a estándares internacionales en la

producción.

Valoró el manejo de los contenidos y la experiencia que el profesional aportó al dominio de estos. Destacamos que la interacción entre contenidos-experiencia- enseñanza es fundamental si se quiere avanzar en la enseñanza.

Otra cuestión que reconoció en la enseñanza es transmitir a los estudiantes el espíritu de crecimiento en equipo; para ello es necesario “contagiarlos de la vida profesional”, según expresó el docente titular. Se cuestionó cómo “salir del centro” como individuo docente y lograr verse desde otra mirada que lo interpele en su quehacer; situación que descubrió en su experiencia de investigación-acción. La interpelación del otro ayuda a superar la soledad del docente y lo moviliza a avanzar en la enseñanza. Una de las estrategias que destacó en esta nueva etapa de crecimiento en la enseñanza y la evaluación es el trabajo áulico con estudio de casos. Su resolución grupal entre los estudiantes es “una usina de creatividad”, según expresa. Planteó el crecimiento de “reglas de formato”. Según aclaró el docente, estas reglas también son solicitadas en la vida profesional. Planteó que dichas reglas implican “el trabajo en equipos multidisciplinarios, a opinar con fundamentos, actualizarse, buscar alternativas, oponerse y acordar”; o sea un verdadero trabajo de argumentaciones y contra argumentaciones sostenido por un clima de cooperación y trabajo. Indudablemente es de destacar la constante que guía la organización de la enseñanza de este docente: que las experiencias áulicas se aproximen al nuevo perfil del profesional ingeniero industrial.

El docente también reconoció la posibilidad de admitir varias soluciones. Planteó que los alumnos deben seguir hipótesis coherentes y que los errores son constructivos si se buscan dónde están, se discuten y se indagan los modos de superarlos.

La interacción grupal, los procesos implicados, tanto afectivo-volitivos como de pensamiento inferencial, son valiosos elementos de evaluación grupal. En el aspecto individual de la evaluación se valoró el razonamiento y el sentido común, aunque disminuya el valor numérico de la calificación por algún resultado no preciso. Se desaprueba por el error con falta de conocimiento básico de matemática y/o física.

El docente aludió en la evaluación final a los estudiantes que satisfacen los “criterios ecológicos”; éstos son los que guían un proceso sistémico que integran el trabajo grupal, la creatividad, la discusión y el análisis, la búsqueda de soluciones y acuerdos conjuntos. Son evaluados al final de la cursada con la metodología de casos y en coloquio. La calificación será consecuencia del proceso del cursado de la asignatura y no producto de un momento aislado o azaroso.

Otro de los intentos del docente es que cada estudiante sea capaz de evaluar el proceso de la cátedra y su proceso individual incluido.

Se pueden detallar a partir del relato del docente, algunas pautas a sintetizar en el rol de enseñante: 1- La inquietud por el mejoramiento continuo de su enseñanza.

- 2- El análisis de sus clases en momentos diferidos que lo llevaron a la búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza. De ello surgieron nuevas categorías de análisis como: trabajo grupal, pensamiento inferencial promovido por el interrogatorio divergente, evaluación.
- 3- La valoración de la comunicación y registro de contenidos y actividades en el uso de las nuevas tecnologías como el aula virtual, promotor del aprendizaje colaborativo.
- 4- La valoración de la interacción contenidos-experiencia profesional- enseñanza.
- 5- La valoración del trabajo en equipo en el aula en relación con la vida profesional futura de los estudiantes.
- 6- La descentralización como proceso de crecimiento docente, en un trabajo continuo de interpelación del otro: observador y colaborador en el análisis de su práctica. Destacamos aquí la metacognición y el socio-análisis.
- 7- Puntos básicos de un nuevo enfoque didáctico:
 - a) La resolución de casos como usina creativa
 - b) Seguimiento de reglas de formato en su análisis
 - c) La aceptación de varias soluciones
 - d) Pautas de evaluador hacia los estudiantes como:
 - a. El seguimiento de hipótesis coherentes
 - b. Los errores como constructivos: dónde están, discutirlos y cómo superarlos.
 - e) La evaluación grupal e individual
 - a. La evaluación como un proceso que inicia en el trabajo grupal de los estudiantes en el aula, de análisis y descubrimiento conjunto de soluciones.
 - b. La prolongación de la evaluación iniciada grupalmente en el cierre de la cursada.
 - c. El coloquio sobre un caso planteado como parte de la evaluación final; metodología de casos como abordaje a una estructura conceptual y dinámica al que el estudiante está ya familiarizado por el proceso propio de la cursada.
 - d. La evaluación final como una consecuencia necesaria de la cursada y no como un hecho descontextualizado y azaroso.

- e. En lo individual: valoración del razonamiento y el sentido común. La desaprobación ante errores de falta de conocimientos básicos de física o matemática.

3. RESULTADOS

Ante lo anteriormente expuesto, reflexionamos: ¿cambiaron los estudiantes o el docente modificó su enfoque de la enseñanza?

El docente modificó su subjetividad¹ y su modo de enseñar; pasó de evaluar a través del “multiple choice” a la resolución de casos desde un enfoque ecológico de la enseñanza.

Ello impactó en los aprendizajes de los estudiantes²:

Tabla 1: *Aprobación de Trabajos Prácticos de los alumnos que completaron el curso*

	2015	2016	2017	2018	2019
Aprobado	54,5 %	67,9 %	73,3 %	87,5 %	92,3%

¹ Considerando por subjetividad el complejo sistema contextualizado de percepciones, experiencias, conocimientos y afectividad del educador, en este caso. Al decir de Brousseau y la Corriente Francesa en la enseñanza de la matemática: del “sistema cognitivo complejo”.

² Los estudiantes, quienes forman parte del sistema cognitivo complejo.

4. CONCLUSIONES

El marco teórico de la presente investigación abonó el desarrollo de conceptos didácticos que resultaron en el crecimiento de los estudiantes en creatividad e innovación. No es casual el nivel de aprobación creciente en temas que se presentan dinámicamente apuntando a su involucramiento activo.

Otras materias profesionales del curriculum de Ingeniería Industrial podrían aplicar estos conceptos que generan la búsqueda de las herramientas prácticas que mejor se adapten a los contenidos a desarrollar. Los conceptos didácticos para “Organización Industrial A” (son universales) pueden extenderse. Podrán ser aprovechados por docentes de otras asignaturas de las carreras de Ingeniería en general. Ello generaría la construcción de estrategias que más se adecuen al perfil del ingeniero industrial.

En todos los casos, se destaca el requerimiento de un profundo conocimiento de la materia; es ideal que el docente a cargo haya tenido experiencia en su vida profesional en los temas que conforman los contenidos de la asignatura.

En este proyecto de investigación, la aplicación de las metodologías requirió el aprendizaje del Equipo Docente, asesorado en el Equipo de Investigación por los miembros que provienen de la carrera de Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía, Ciencias de la Educación y Humanidades de la UM. La formación previa de los docentes de Ingeniería está orientada a la solución científica de problemas técnicos asociados a la especialidad de cada uno. La aplicación de los conceptos desarrollados en este informe requiere la previa revisión de las propias prácticas docentes desde la pedagogía y la didáctica, construidos en cursos específicos o por apoyo externo a las cátedras. Cada Universidad arbitrará los medios necesarios para ello.

5. REFERENCIAS

- [1] Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew. (2016). *La segunda era de las máquinas: trabajo, progreso y prosperidad en un tiempo de brillantes tecnologías*. 1ra ed. revisada. Temas Grupo Editorial. Buenos Aires.
- [2] Roces, José Luis. (2017). *Cultura Innovadora: ¿Cómo competir exitosamente en la era digital?* Temas Grupo Editorial. Buenos Aires.
- [3] Perez Lindo, Augusto. (2004). *Creatividad, actitudes y educación*. Ed. Biblos. Buenos Aires.
- [4] Litwin, Edith; Camilloni, Alicia. (1995). *Qué, cuándo y para qué enseñar*. Educación General Básica, Los contenidos en la enseñanza, Ed. Novedades Educativas, Buenos Aires.
- [5] Pérez Gómez, Ángel; Sacristán Gimeno. (1997). *Comprender y transformar la enseñanza*. Pérez Gómez, Ángel. Enseñanza para la comprensión. Cap. 4. Ed. Morata. Madrid.
- [6] Pérez Gómez, Ángel; Sacristán Gimeno. (1997). *Comprender y transformar la enseñanza*. Pérez Gómez, Ángel El aprendizaje significativo de Ausubel. Cap. 2. Ed. Morata. Madrid.
- [7] Carabús, Olga. (2004). *Creatividad: actitudes y educación*. Creatividad y enseñanza de la matemática. Cap. II. Ed. Biblos. Buenos Aires.
- [8] Brousseau, Guy. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de situaciones didácticas*. Ed. Zorzal. Buenos Aires.

CENS: determinación del grado de evolución de los estudiantes de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Morrongiello, Noelia*; Nicolaci, Miryam*; Comoglio, Marta*; Minnaard, Claudia*;
Pascal, Guadalupe*

**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

RESUMEN.

El principal objeto de estudio del presente trabajo se basa en una nueva definición de competencias denominadas “Competencias Evolutivas del Nivel Superior” (CENS), que hacen referencia a la evolución de los estudiantes en las carreras de grado que se dictan en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Siguiendo un recorrido preestablecido, se indagará qué sucede con los estudiantes desde que inician su carrera de hasta que la finalizan; con el objetivo de analizar dicho proceso y determinar nuevas líneas de investigación, en función de los resultados obtenidos. Esto permitirá generar aportes tanto a la propia institución, como a las empresas de la región, las cuales tienen un vínculo estrecho con nuestra facultad. Teniendo en cuenta la transversalidad de las competencias, y viéndolo desde el ámbito educativo en el nivel superior, es preciso considerar la necesidad de re-definir las competencias que hacen a la formación de los estudiantes en entornos académicos.

Los resultados esperados de esta investigación consisten, en primer lugar, con lograr el cumplimiento del objetivo general, de determinar la evolución o no, según la percepción de los estudiantes encuestados, guiados por los objetivos específicos y las actividades planificadas.

La investigación es de carácter aplicada, donde el principal instrumento de medición será una encuesta basada en la escala de Lickert, a una muestra de trescientos estudiantes de los diversos ciclos en los que se dividen las carreras de ingeniería. Se seleccionará un determinado grupo de asignaturas correspondientes a cada uno de esos ciclos para poder evaluar, analizar y determinar la transversalidad de las CENS.

Palabras Claves: Competencias Evolutivas, Nivel Superior, Ingeniería, CENS.

ABSTRACT: The main object of study of this work was based on a new definition of competences called “Evolutionary Competencies of the Higher Level” (CENS), which refer to the evolution of students in the degree courses that are taught in the Faculty of Engineering, from the National University of Lomas de Zamora.

Following a pre-established route, it will be investigated what happens to the students from when they start their career until they finish it; with the aim of analyzing this process and determining new lines of research, based on the results obtained. This will allow generating contributions both to the institution itself, and to the companies in the region, which have a close relationship with our faculty. Taking into account the transversality of the competences, and seeing it from the educational level at the higher level, it is necessary to consider the need to redefine the competences that make the training of students in academic settings.

The expected results of this research consist, in the first place, of achieving the fulfillment of the general objective, of determining the evolution or not, according to the perception of the surveyed students, guided by the specific objectives and the planned activities.

The research was applied, where the main measuring instrument will be a survey based on the Lickert scale, to a sample of three hundred students of the various cycles in which engineering careers are divided. A certain group of subjects corresponding to each one of these cycles will be selected to be able to evaluate, analyze and determine the transversality of the CENS.

1. INTRODUCCIÓN

Las competencias no son un tema innovador, se lleva años estudiándolas; es posible afirmar que su origen data desde el año 1906, aproximadamente, cuando -de modo experimental- el concepto fue aplicado a estudiantes de ingeniería y su orientación al desempeño empresarial.

Avanzando en la historia, en los años setenta, el considerado pionero en la investigación y estudio de competencias, David McClelland, logró aplicar métodos de observación directa y entrevistas, con la finalidad de confeccionar y determinar las características consideradas diferenciadoras de los diversos niveles de rendimiento de los trabajadores. A partir de ese momento, comienza a formarse la terminología y definición de competencias.

Estas características nos llevan a la afirmación de que las competencias son una parte de la personalidad de los individuos que conllevan a accionar de un determinado modo, comportamiento o función, según las situaciones que se les presenten. Estas actitudes anticipan este modo de actuar ejerciendo influencia en el desempeño del individuo, orientándolo a la efectividad con un valor agregado, diferencial, en contraposición del resto de los individuos, profesionales, estudiantes y futuros profesionales.

Las competencias, pueden ser innatas o aprendidas, según la circunstancia de la persona, son características de los individuos que indican su accionar ante diversas situaciones. Lo fundamental al mencionar esta terminología, es hablar del “saber hacer”, pero sumando el saber cómo hacerlo. Luisa Pinto Cueto (1999) define 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)”.

Habiendo contextualizado y definidas las competencias, es necesario, además, tener el conocimiento, experiencia y actitud que acompañe el comportamiento de los individuos. Las competencias profesionales, donde se aplica el saber- hacer y saber- ser, refieren a las capacidades que conciernen a una actividad específica de una profesión puntual, la cual se refleja en el nivel de desempeño laboral. Situándonos en el significado de competencias, desde el punto de vista de la formación de los individuos en su periodo de estudio, y no en el ejercicio de la profesión, podemos decir que si bien existen competencias genéricas, comunes a todos los individuos, también las hay diferenciadoras o específicas. Es por ello, que en nuestra institución, desde cada asignatura o nivel se intenta 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.

Existen diversas tipificaciones de las competencias, de las cuales se tomarán las competencias básicas (comprensión oral, lecto-escritura, entre otras), las competencias genéricas (trabajo en equipo, planificación, resolución de conflictos, entre otras) y las competencias específicas (capacidad de manejar una maquinaria y equipamiento específico).

Para trabajar en la selección de competencias, se tomará como referencia el documento elaborado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (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” y “competencias específicas de la terminal”. Una vez definidas las competencias a evaluar, se podrá recolectar de la muestra prevista, la información sobre cada año y ciclo, de un grupo de materias determinadas, pudiendo, de este modo, realizar el análisis transversal de las mismas.

En Argentina, desde hace un tiempo, se comenzó a hablar de la formación de los ingenieros y de las competencias de egreso, dado que se dispone de una baja tasa de graduados en carreras de ingeniería a nivel país. Según el titular del CONFEDI, Miguel Ángel Sosa, en el año 2013 una entrevista expuso que “...egresan dos de cada diez estudiantes de Ingeniería y, en total, se gradúan unos 6500 ingenieros al año” (Diario Página 12, 2013). Por ello, desde el pasado Gobierno Nacional y, principalmente, desde el Consejo Federal de Ingenieros, se determinó la confección de un plan para mejorar la tasa de graduación de los ingenieros hacia el año 2016.

Mediante la implementación del “Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016”, el cual tuvo como objeto 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 ese entonces, destinado para a este tipo de profesiones, es que se había decidido hacer algo al respecto, con la finalidad de formar más y mejores profesionales de la ingeniería.

Evolución de Alumnos de Ingeniería con Planes de Mejora (19 terminales) Universidades Públicas			
Tipo de Alumnos	Año 2003	Año 2009	Evol. 09/03
Ingresantes	19.900	22.743	14%
Reinscriptos	67.720	81.752	21%
Total	87.620	104.495	19%
Avanzados (con + 26 materias)	13.048	20.878	60%
% Avanzados / Reinscriptos	19%	26%	
Graduados	3.119	3.859	24%

Tabla 1: Fuente: Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros 2012-2016 (PEFI) Gobierno Nacional Cristina Fernández.

Según los datos relevados por el gobierno de aquel entonces, “en términos macros, considerando un país de 40 millones de habitantes, se ha pasado de que se gradúe 1 ingeniero cada 8.000 habitantes por año en 2003, a 1 ingeniero cada 6.700 habitantes en 2009”.

CARRERAS DE INGENIERÍA

Evolución de Alumnos de Ingeniería en Universidades Públicas				
Tipo de Alumnos	Año 2003	Año 2009	Evol. 09/03 Ingeniería	Evol. 09/03 Total Sistema
Ingresantes	29.009	30.079	4%	-4%
Reinscriptos	95.446	108.497	14%	5%
Total	124.455	138.576	11%	3%
Avanzados (con + 26 materias)	17.421	26.403	52%	
% Avanzados / Reinscriptos	18%	24%		
Graduados Universidades Públicas	4.120	4.924	20%	
Graduados Universidades Privadas	953	1092	15%	
Total Graduados	5.073	6.016	19%	

Tabla 2: Fuente: Plan Estratégico para la Formación de Ingenieros 2012-2016 (PEFI) Gobierno Nacional Cristina Fernández.

Durante el periodo de aplicación, pudieron verse mejoras:

En la tabla 2, se observa una mejora en el ingreso a las carreras de ingeniería con una tasa del 4%, al igual que en la cantidad de re-inscriptos, la cual fue del 14%, dato que nos indica una mayor retención por parte de las universidades. Según el informe “respecto a los alumnos avanzados (con 26 o más materias rendidas), la mejora es del 52%, pero ese porcentaje no se traduce en un incremento en el número de graduados, que mejoró el 20%”.

En Argentina, de acuerdo a los informes emitidos por las diversas facultades de ingeniería, incluida la FI-UNLZ, los estudiantes, entre el 70 y 100% trabajan más de veinte horas semanales. Este dato no es menor, ya que influye en el desempeño y grado de avance correcto, según lo pautado en los planes de estudio.

Luego, con el cambio de gobierno, y habiéndose cumplido el plan estratégico mencionado, cada una de las instituciones, seguidas por el CONFEDI, continuaron trabajando ya en pensar y diseñar planes de estudios óptimos para formar estudiantes con mayores competencias.

Por lo referido anteriormente, en esta evolución histórica de las competencias, la institución principal de análisis -Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora- ha trabajado las competencias desde diversas áreas. Desde lo académico, optimizando los planes de estudio, desde el área de extensión y vinculación, los sistemas de pasantías a los cuales los alumnos acceden tempranamente, para formarse en el área de su futura profesión, entre otras.

1.1. Contextualización.

Tal como ya se ha mencionado se entiende competencia como el “saber”, pero no sólo en lo que refiere a los conocimientos, sino también desde lo pragmático, es decir que –necesariamente- 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 de investigación, el trabajo en desarrollo y formación de competencias en los estudiantes, desde las cátedras dependientes de este equipo de trabajo, es posible 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 e interpretar fehacientemente el concepto.

Volviendo a la transversalidad de las competencias, y viéndolo desde el ámbito educativo en el nivel superior, es 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.

Se podrían 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 es necesario realizar el siguiente planteo, notando 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.

Una de las principales estrategias para poder desarrollar competencias es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), uno de los instrumentos utilizados en el dictado de las asignaturas. 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.

Por todo lo mencionado, teniendo en cuenta la principal incógnita sobre qué sucede con los estudiantes durante su periodo académico, llevaron a desarrollar 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).

Las CENS, son definidas como:

"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".

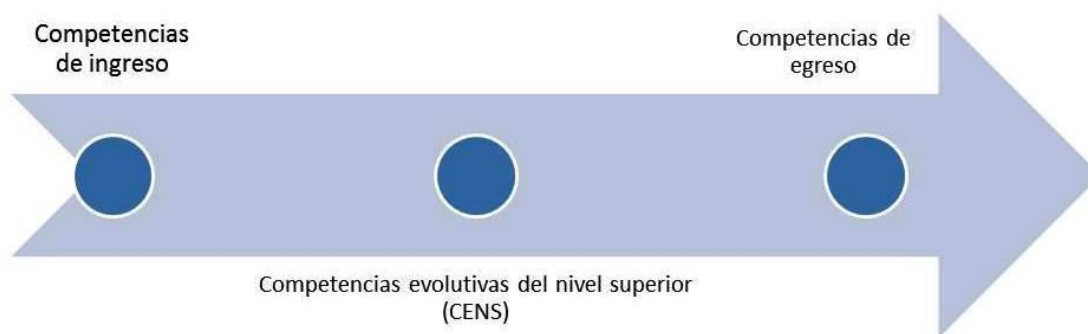


Figura 1 CENS. Fuente, elaboración propia. Morrongiello-Nicolaci

En este sentido, el objeto de estudio, incluirá asignaturas que en todos sus ciclos sean comunes y obligatorias a todas las carreras que se dicten.

Cabe destacar que en el orden de tasa de ingreso por elección de carrera primero se encuentra Ingeniería Industrial, luego, Ingeniería Mecánica, seguida de Ingeniería Mecatrónica y por último se encuentra Ingeniería Ferroviaria. Esto se relaciona directamente, con la demanda regional de profesionales.

Según los datos recabados del sistema Guaraní el ingreso 2019 a las carreras fue:

- Ingeniería Industrial 505
- Ingeniería Mecánica 372
- Ingeniería Mecatrónica 277
- Ingeniería Ferroviaria 59

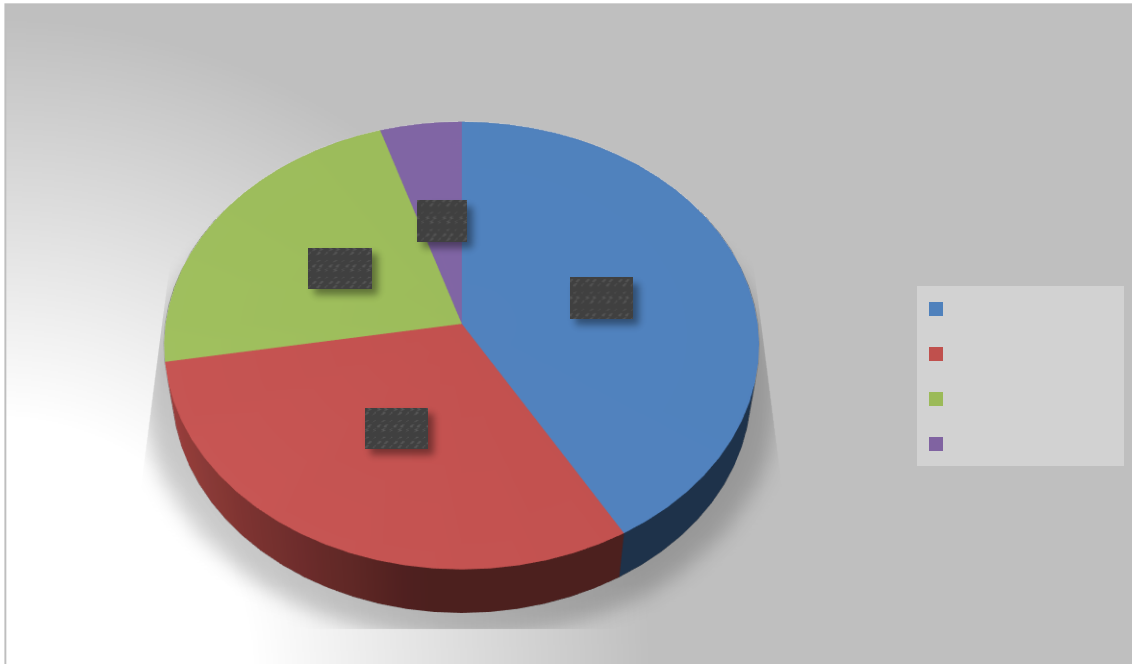


Figura 2 Tasa de Ingreso 2019- Fuente, elaboración propia

Habiendo logrado ubicarlo tanto en teoría como en contexto, es posible seguir avanzando en el objeto de estudio.

1.2 Objeto de Estudio.

De acuerdo a lo resulta ineludible pensar en la competencia un su conjunto, de un modo integral, que comprende el “saber-saber”, el “saber-hacer” y el “saber-ser”. En cuanto a la formación de profesionales es necesario tener presente que, al no tratarse de niños y aunque estemos trabajando con personas en su mayoría jóvenes, se trata de un colectivo de adultos que ha elegido por propia voluntad cursar una carrera universitaria, por lo que es preciso apelar a la andragogía, implementando un conjunto de metodologías de enseñanza y actividades didácticas orientadas a la formación de personas adultas. Es por ello que se aspira a identificar las habilidades de los estudiantes (innatas o adquiridas) y contribuir con el desarrollo de las mismas para que logren su cabal implementación, tanto en el ámbito académico como en el laboral. El mundo del trabajo es dinámico, se encuentra permanentemente en constante evolución y esto ha evidenciado la necesidad de implementar innovaciones y/o modificaciones en las formas de producción de bienes y/o servicios. Estas nuevas formas de producción han llevado a poner el foco en las competencias laborales de los trabajadores, demandando a ellos nuevos conocimientos, aptitudes y actitudes, es decir, exigencias de adaptación entre los requerimientos del puesto y el perfil del ocupante del mismo.

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, realizan actividades vinculadas a sus incumbencias profesionales sin estar aún graduados; por este motivo el estudiante pone en juego:

- Sus propias competencias (innatas)
- Las adquiridas en su lugar de trabajo
- Las adquiridas en el ámbito universitario.

Luego de años de investigación y trabajo para el desarrollo y formación de competencias en los estudiantes, desde la Cátedra de Recursos Humanos, donde se dieron los primeros pasos en la investigación, es posible afirmar que no todos los ellos comprenden “qué es una competencia laboral”, algunos poseen un ligero conocimiento, pero son los menos quienes pueden realmente interpretar y definir el concepto.

Las innovaciones implementadas por la Cátedra de Recursos Humanos de la FI-UNLZ fueron planificadas en términos de un proceso cuyos resultados hay que monitorear y evaluar de manera permanente.

La metodología que se aborda es la siguiente:

1. se presenta el problema;
2. se identifican las necesidades de aprendizaje;
3. se brinda la información necesaria para que los alumnos tengan insumos y puedan resolverlo; y
4. se regresa al problema buscando la solución en base a las herramientas obtenidas previamente.

La actividad docente implica que, necesariamente, quienes formamos futuros profesionales asumamos nuestra responsabilidad como agentes de cambio. En un contexto mundial cada vez más dinámico, es imperioso ser innovadores; la clase magistral, en la que el profesor dicta los contenidos

y los estudiantes sólo escuchan, limita la posibilidad de implementar estrategias didácticas que sean útiles a los alumnos y –a partir de sus resultados- a la sociedad en su conjunto. Las nuevas tecnologías de información y comunicación facilitan un fluido intercambio bidireccional entre estudiantes y docentes, aún por fuera del espacio áulico, facilitando las tutorías; estas TIC’s constituyen una herramienta fundamental

al servicio de la educación, la resistencia al cambio hace que no siempre sean bienvenidas, mucho menos utilizadas.

Utilizar todos los medios a nuestro alcance resulta sustancial para un mejor acompañamiento de los estudiantes en su loable pero también ardua tarea de convertirse en profesionales. De ahí el planteo y la necesidad de apelar a una transversalidad que allane el camino en la evolución de los estudiantes. Acompañándolos en todos los ciclos de su evolución en la universidad se podrá observar sus avances en el desarrollo de las competencias, desde el inicio hasta el egreso.

Para continuar transitando el camino hacia el objeto de estudio, básicamente, existen 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 la UNLZ-FI las investigaciones en las empresas de la zona de influencia están avanzadas y se ha iniciado el trabajo interdisciplinario. En el convencimiento de que la única manera de alcanzar los resultados esperados es dando lo mejor de cada uno y que los estudiantes merecen una educación de calidad, es que se propone 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.

En función de lo descripto con anterioridad y luego del recorrido teórico, el punto inicial de este trabajo, es analizar la transversalidad de las CENS en el proceso de adquisición de las competencias de los estudiantes, colocando el foco en diversas cátedras de cada uno de los ciclos.

2. METODOLOGÍA.

El proceso será un análisis mixto (cuali-cuantitativo). La investigación es de tipo aplicada. El mismo inicia con el diseño de una encuesta de opinión, que se toma a una muestra por cada asignatura seleccionada por ciclo de las carreras de ingeniería. En la encuesta se plasman variables contextuales, por una parte, (edad, sexo, año de cursada, materias que cursan, escuela de proveniencia, técnica u otras, situación laboral, entre otras), las variables de las competencias en sí mismas, tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales. La selección y determinación de las competencias, se determinan, en función del documento elaborado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) que hacen alusión a las competencias que deben tener los ingenieros. Por último, el ordenamiento, según el estudiante, de la relevancia de las competencias indicadas.

El estudio, se basó en el diseño de una encuesta, realizada a una muestra determinada, compuesta por trescientos alumnos, que estén finalizando la cursada del primer cuatrimestre 2019 de las asignaturas seleccionadas. Esta propuesta es un primer acercamiento a la definición de las CENS y su impacto. La finalidad, como se mencionó anteriormente, es la de realizar un análisis transversal de la evolución de las competencias en los estudiantes de las carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, tomando las mismas materias cada año, realizando un seguimiento de la cohorte 2019, como prioridad.

A futuro, además del seguimiento, se pretende abrir nuevas líneas de investigación, como comparar las instancias de cursada de los estudiantes, el año de cursada, las asignaturas, finalizando en una proyección a largo plazo, de analizar a nivel macro-institucional.

Las competencias, son seleccionadas e indicadas, previamente, por el CONFEDI, considerando la importancia para ellos, mediante el aporte de las prácticas de las cátedras.

Los instrumentos de medición y técnicas seleccionados, se enuncian a continuación.

Encuesta: Uno de los instrumentos que se utilizaron para recoger los datos, fue la encuesta. Se trabajó con diferentes tipos de preguntas y escalas que también se presentaron al identificar, en las correspondientes matrices la estructura cuadripartita del dato.

Teniendo en cuenta el objetivo del estudio, la escala más utilizada fue la de medición de actitudes Likert. Se trata de un método desarrollado por Rensis Likert en el año 1932, sin embargo a pesar del tiempo transcurrido se trata de un enfoque vigente y muy utilizado.

Consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se pide la reacción de participantes, eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala, que indican cuanto se está de acuerdo con la frase correspondiente. En este caso las opciones de respuesta fueron: Totalmente de acuerdo, Bastante de acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo,

Poco de acuerdo y Nada de acuerdo. En este caso, algunos de los ítems tuvieron dirección favorable o positiva, en tanto que en otros casos, el sentido fue desfavorable o negativo, respecto de la experiencia que se evaluaba.

La escala Likert puede caracterizarse como cualitativa y ordinal, sin embargo a los efectos de analizar los datos, los valores pueden convertirse a escala numérica por intervalos. En esta experiencia la conversión de la escala fue la siguiente:

- Totalmente de acuerdo: 5
- Bastante de acuerdo: 4
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo: 3
- Poco de acuerdo: 2
- Nada de acuerdo: 1
-

La posibilidad de realizar esta conversión, influye en la medición de la variable cuyos datos se analizan, ya que permite optar entre técnicas estadísticas para análisis de datos cualitativos o cuantitativos con el consiguiente correlato en los alcances de las conclusiones que a partir de los resultados se infieran.

La población seleccionada, coincidente con la muestra es de noventa y cuatro alumnos, que cursaron y finalizaron el primer cuatrimestre, de las siguientes asignaturas:

- Ciclo Básico, primer año de la carrera: Introducción a la Ingeniería y Probabilidad y Estadística.
- Ciclo Intermedio, tercer año de la carrera: Sociología Industrial y Máquinas Térmicas.
- Ciclo Superior, cuarto y quinto año de la carrera: Recursos Humanos, Ingeniería Legal.

Variables tenidas en cuenta:

- Edad
- Sexo
- Materias de cursada
- Año que cursa
- Carrera
- Escuela de proveniencia (técnica u otra)
- Situación Laboral

Competencias Tecnológicas:

- COMPETENCIAS TECNOLÓGICA 1: Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. (Se entiende a esta competencia como la capacidad de resolver situaciones problemáticas presentes o futuras, generando diversas alternativas, hasta el proceso de ejecución)
- COMPETENCIAS TECNOLÓGICA 2: Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (Se entiende a esta competencia como la capacidad de seleccionar las tecnologías apropiadas, generando alternativas de solución adecuadas en un determinado contexto).
- COMPETENCIA TECNOLÓGICA 3: Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (esta competencia se entiende como la capacidad de conseguir y desarrollar los recursos necesarios, planificando las estrategias necesarias para llevar a cabo y ejecutar las actividades de ingeniería, realizando un control y seguimiento del mismo)
- COMPETENCIA TECNOLÓGICA 4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería (se entiende a esta competencia como la capacidad de seleccionar las técnicas y herramientas de manera adecuada, en función de los estándares de calidad de la profesión ejercida)
- COMPETENCIA TECNOLÓGICA 5: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (se entiende a esta competencia como la capacidad de detectar e identificar potenciales oportunidades y necesidades que requieran de una solución tecnológica).

Competencias Sociales, políticas y actitudinales:

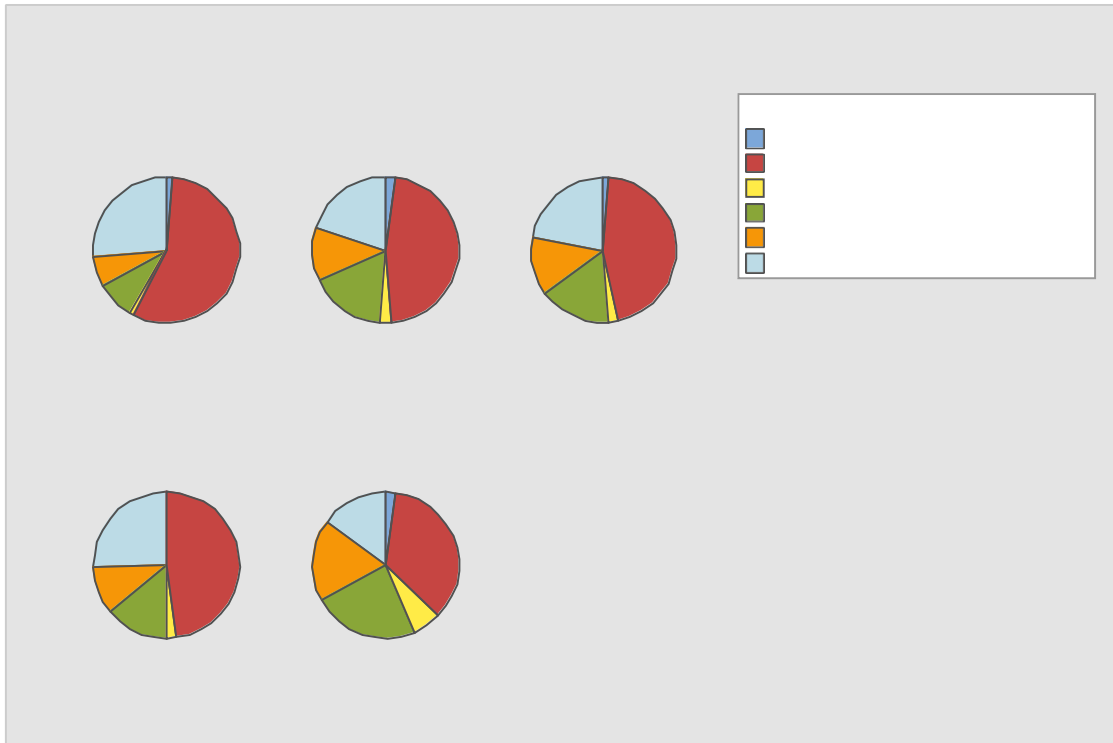
- COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y ACTITUDINAL 1: Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. (Se entiende a esta competencia como la capacidad de asumir los objetivos del grupo como propios y actuar para alcanzarlos. Colaborar con los demás integrantes del equipo, asumir roles y responsabilidades dentro del mismo)
 - COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y ACTITUDINAL 2: Competencia para comunicarse con efectividad (Se entiende a esta competencia como la capacidad de comunicar eficazmente las problemáticas en relación a la profesión, interpretando otros puntos de vista, según la situación de su interlocutor)
 - COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y ACTITUDINAL 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 (se entiende a esta competencia como la capacidad de comportarse éticamente comprendiendo la responsabilidad de sus funciones, comportándose con honestidad e integridad profesional)
 - COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y ACTITUDINAL 4: Competencia para aprender en forma continua y autónoma (se entiende a esta competencia como la capacidad de comprender la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida, logrando una autonomía en el mismo)
 - COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y ACTITUDINAL 5: Competencia para actuar con espíritu emprendedor (se entiende a esta competencia como la capacidad de crear y desarrollar una visión de futuro, identificando sus fortalezas, debilidades, logrando plasmarlas en un proyecto futuro)
- Ordenamiento de uno a cinco, entendiéndose a uno como la competencia más relevante y cinco como

la menos importante, de la selección enunciada anteriormente.

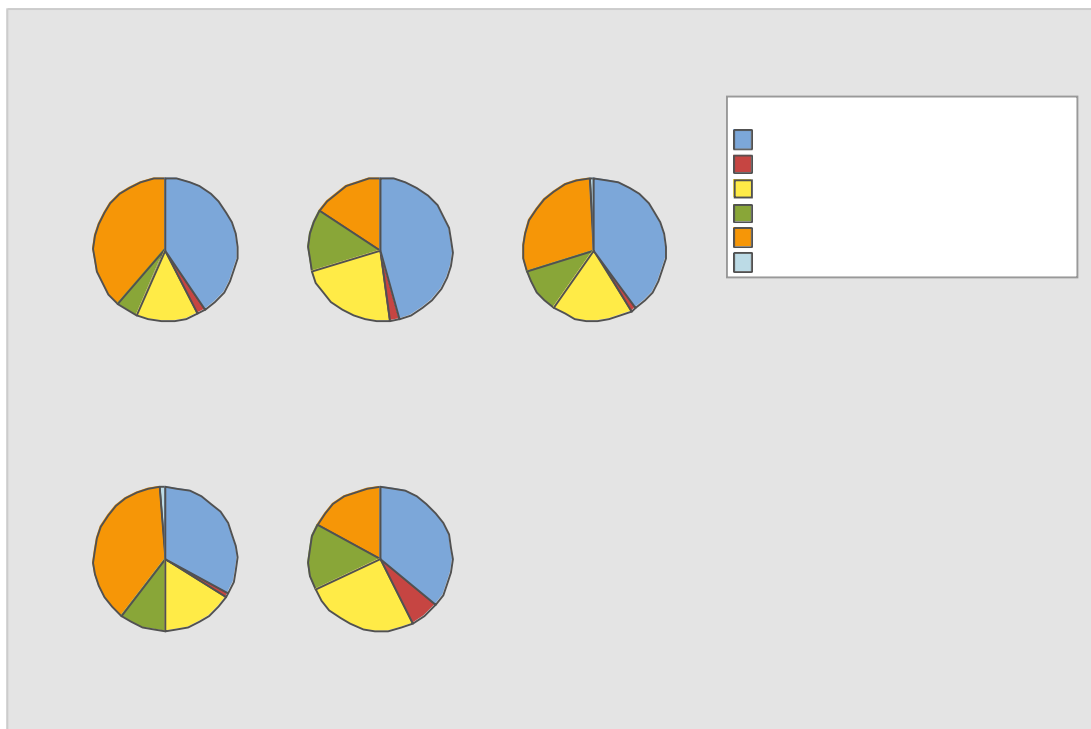
3. RESULTADOS.

Dentro de los resultados obtenidos, respecto de la calificación de las competencias, según el ciclo y año de los estudiantes; se ha determinado que en las cátedras seleccionadas, sin importar en la cursada que se encuentren, valoran satisfactoriamente los contenidos aprendidos, identificando y comprendiendo la importancia de las competencias.

A continuación se verán los resultados para cada competencia.



En función de lo analizado y procesado, teniendo en cuenta que la valoración la asignaron estudiantes desde el primer al quinto año de la carrera, cursando las asignaturas en las que se ha hecho el foco, las mismas tuvieron como respuesta un resultado favorable donde en las cinco competencias tecnológicas se ha definido como “Bastante de acuerdo” en la escala del 1 al 5, siendo un promedio de cuatro puntos. Seguido por la totalidad en el acuerdo de la consigna planteada en la encuesta.



En relación de las competencias sociales, políticas y actitudinales, sucede algo similar, ya que la mayor valoración la tiene la opción de “bastante de acuerdo”, seguida de “totalmente de acuerdo”. Con lo cual es posible afirmar que, sin importar el año en el que se encuentre el estudiante, la percepción del mismo es entender a las competencias en primer lugar. En segundo lugar, sienten que logran una adquisición de la misma, con lo cual, podemos establecer una evolución de las mismas competencias, según el año de cursada y el ciclo en el que se encuentre el estudiante.

4. CONCLUSIONES.

En este primer estudio, se puede observar que en promedio los alumnos valoraron el aprendizaje y desarrollo de las competencias planteadas, en las asignaturas seleccionadas, en un promedio de cuatro puntos, siendo su identificación “bastante de acuerdo”. La sigue la valoración cinco, con la definición de “totalmente de acuerdo”.

Esto puede denotar un grado de avance y evolución de la misma competencia, pero según el año y ciclo en el que se encuentra cursando. Se da una manifestación de avance y de comprensión de lo trabajado por parte de los estudiantes.

Hasta el momento las competencias se determinaron de manera individual, tomando como referencia diversas asignaturas de las carreras de ingeniería. El objetivo principal, es lograr determinar en primer lugar, la comprensión por parte de los estudiantes respecto de ¿qué es una competencia?, ¿por qué es importante? Y ¿cómo entienden ellos su valoración en el mercado laboral? En segundo lugar, analizar cómo estas competencias evolucionan en los estudiantes, respecto de su grado de adquisición.

Si bien el estudio dio inicio en marzo de 2019, se fue haciendo un seguimiento en las asignaturas seleccionadas, proyectando poder determinar las CENS a todo el nivel institucional, abarcando todas las cátedras de las carreras de ingeniería que ofrece la FI-UNLZ.

Esta nueva definición, nos apunta a una apertura de nuevos temas a desarrollar, ya que la finalidad será poder evaluar una cohorte completa, tomando como referencia el ingreso del ciclo lectivo en curso.

5. 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] Davis, K. y Newstrom, J. (2000). Comportamiento Humano en el Trabajo. México: McGraw Hill Interamericana Editores.
- [6] Hernández Sampieri R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2012). Metodología de la Investigación. México: Editorial MC. Graw Hill
- [7] Luque, T. (2000): Análisis Factorial, que pertenece al texto Luque, T. (coord.): Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados, Pirámide.
- [8] Morrongiello, N. (2014) La Formación de Competencias en los Ingenieros Industriales. "Aportes desde la asignatura de Recursos Humanos" Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Editorial Académica Española.
- [9] Morrongiello, N.; Nicolaci, M. (2018) Competencias Evolutivas del Nivel Superior (CENS). COINI.
- [10] Spencer, L. M. y Spencer, S.M. (1993). Competence at Work. Nueva York: John Wiley and Sons.
- [11] Buol, P. (2009). Gestión por competencias. Diccionario por competencias. Recuperado el 04 abril de 2019, de http://www.pablobuol.com/capacitacion/diccionario_de_competencias.htm
- [12] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). Recuperado el 05 abril de 2019, de <http://www.confedi.org.ar/>.
- [13] Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (s.f.). El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica. Monterrey, México. Recuperado 04 abril de 2019, de <http://www.ub.edu/mercanti/abp.pdf>
- [14] El Desafío de los diez mil ingenieros. Diario Página 12. Entrevista realizada a Sosa, Miguel Ángel, Titular del CONFEDI, por Funes, Federico. Recuperado el 05 de abril 2019, de <http://www.pagina12.com.ar/diario/universidad/10-226892-2013-08-16.html>
- [15] Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI UNLZ). Recuperado el 06 de abril de 2019, de www.ingenieria.unlz.edu.ar
- [16] Larraín U., A. y González F., L. (2005). Formación universitaria por competencias. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. Recuperado el 04 abril de 2019 de http://www.benv.edu.mx/reforma_curricular/MATERIALES_INDUCCION/LARRAIN_U_ANA_MARIA.pdf
- [17] Molina Ortiz, J., García González, A., Pedraz Marcos, A., Antón Nardiz, M. (s.f.). Aprendizaje basado en problemas; una alternativa al método tradicional. Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria. Volumen 3 (Nº 2). Madrid, España. Recuperado 04 abril de 2019, de http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ABP/molina.pdf
- [18] Pinto Cueto, L. (1999). Currículo por Competencias: Necesidad de una Nueva Escuela Tarea Nº 43, p. 10-17. Citado en Kaluf F., C. Reflexiones sobre Competencias y Educación. Recuperado el 04 abril de 2019, de <http://pedagogiauniversitaria.wikispaces.com/file/view/CINDA+FINAL+PONENCIA.pdf>
- [19] Pinto Cueto, L. (1999). Currículo por Competencias: Necesidad de una Nueva Escuela Tarea Nº 43, p. 10-17. Citado en Contreras, J. Enfoque por competencias. Recuperado el 04 abril de 2019, de <http://www.joseacontreras.net/admon/Competencias/pdf/admoncompetencias/arii1.pdf>
- [20] Rial Sánchez, A. (s.f.). Diseño Curricular por competencias: el reto de la evaluación. Universidad de Santiago. Recuperado el 04 abril de 2019, de http://www.udg.edu/Portals/49/Docencia%202010/Antonio_Rial_%28text_complementari%29.pdf
- [21] Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ). Recuperado el 06 de abril 2019, de www.unlz.edu.ar.
- [22] Villa, A. y Poblete, M. (2007). Aprendizaje basado en competencias. Universidad de Deusto. Bilbao, España. Recuperado el 04 abril de 2019, de http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje_Basado_en_Competencias.pdf
- [23] PEFI 2012-2016 <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005669.pdf> recuperado 18 de junio de 2019.

Aplicaciones de la Topología en la Impresión 3D

Minnaard, Claudia*; Hermann, Nicolás; Torres, Zulma

**Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E)
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Camino de Cintura y Juan XXIII, Llavallol, Buenos Aires, Argentina.
minnaardclaudia@gmail.com*

RESUMEN

La nueva educación en Industria 4.0 requiere de tres características: “(1) Programación científica como el nuevo lenguaje de comunicación entre los ingenieros y entre los ingenieros y las máquinas; (2) Desarrollo empresarial con enfoque en la innovación que facilitará la revolución de las tecnologías sobre la evolución de las tecnologías; y (3) Aprendizaje analítico porque el conocimiento de lo intangible como las señales digitales serán de obligatorio entendimiento en todas las disciplinas” [1]

Asimismo, Rojas et al afirman que “La interdisciplinariedad de los programas de ingeniería será una imposición. La flexibilidad del aprendizaje de la ingeniería será del dominio de los estudiantes por tanto habrá que facilitarla. La evolución de las tecnologías estará latente en los escenarios de enseñanza y de experimentación y la revolución de las tecnologías será obra de los nuevos Ingenieros 4.0”.

Es en esta línea que se evidencia la necesidad de incorporar la impresión 3D en la enseñanza de la ingeniería interrelacionando con la Topología, a fin de indagar en las fundamentaciones de los procesos que se realizan.

Palabras Claves: Topología, Impresión 3D, Innovación, Enseñanza.

ABSTRACT

The new education in Industry 4.0 requires three characteristics: “(1) Scientific programming as the new communication language between engineers and between engineers and machines; (2) Business development with a focus on innovation that will facilitate the revolution of technologies on the evolution of technologies; and (3) Analytical learning because knowledge of the intangible as digital signals will be mandatory in all disciplines” [1]

Also, Rojas et al affirm that “The interdisciplinarity of engineering programs will be an imposition. The flexibility of engineering learning will be the domain of the students so it must be facilitated. The evolution of technologies will be latent in the teaching and experimentation scenarios and the technology revolution will be the work of the new 4.0 Engineers.”

It is in this line that the need to incorporate 3D printing in the teaching of engineering interrelated with the Topology is evidenced, in order to investigate the foundations of the processes that are carried out.

1. INTRODUCCIÓN

El inicio de la impresión 3D se remonta a 1976, cuando se inventó la impresora de inyección de tinta. En 1984, algunas adaptaciones y avances sobre el concepto de la inyección de tinta transformaron la tecnología de impresión con tinta a impresión con materiales. A lo largo de las últimas décadas, ha habido una gran variedad de aplicaciones de la tecnología de impresión 3D que se han desarrollado a través de varias industrias. [2-6]

Las impresoras 3D funcionan como las impresoras de chorro de tinta, a diferencia de estas depositan el material deseado en capas sucesivas para crear un objeto procedente de un formato digital. La impresión 3D, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital, permiten manipular de manera automática distintos materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un objeto en tres dimensiones.

Los tipos de impresión disponibles actualmente son de compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos, y de adición, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas. En la Tabla 1 se describen algunos de los materiales utilizados en impresión 3D.

Tabla 1 *Principales Materiales de Impresión 3D* (Fuente: Econolyst ; citado en *La impresión 3D*, PP.65 – ED. Gustavo Gilli 2016)[7]

Materiales orgánicos	Cerámicas	Plásticos	Metales
Ceras	Alúmina	ABS (acrilato butadieno estireno)	Aluminio
Tejidos/Células	Mulita	PLA (ácido poliláctico)	Cobre
	Circonio	PET (politereftarato de etileno)	Titanio
	Carburo de silicio	Poliamida (nylon)	Inconel
	Beta-fosfato tricalcico	Poliamida reforzada	Cromo-Cobalto
	Resinas epoxi con partículas de carga en cerámica (nano)	PEEK (polietercetona)	Resinas epoxy termoestables
	Sílice (arena)	PMMA (polimetacrilato de metilo)	Acero inoxidable
	Yeso	PC (policarbonato)	Oro/Platino
	Grafito	PPSU o PPSF (polifenilsulfona)	Hasteloy
		Ultem	
		Alumide	

Berchon y Luyt (2016) afirman que “*la industria tradicional transforma la materia empleando para ello energía e información. La fábrica centralizada y y las grandes empresas capaces de producir en cadena automóviles, aviones, bienes de consumo, robots de cocina, aparatos electrónicos e inclusive ordenadores son sus principales exponentes. La nueva industria en ciernes se inspira en un proceso habitual en Internet y en las redes sociales la transformación de la información, que condujo de la explosión de la Web 2.0 y a la producción de contenidos por parte de los usuarios. Sirviéndose de la información y de la energía, esta nueva ola de producción industrial esculpe la materia para fabricar multitud de objetos diversos y personalizados.*” [7]



Figura 1: *¿Qué cambiará la impresión 3D? Adaptado de Berchon y Luyt (2016).*

Por otra parte, la topología es probablemente la más joven de las ramas clásicas de la matemática. En contraste con el álgebra, la geometría y la teoría de los números, cuyas genealogías datan de tiempos antiguos, la topología aparece en el siglo diecisiete, con el nombre de analysis situs, esto es, análisis de la posición.

De manera informal, la topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, cuando dichas figuras son plegadas, dilatadas, contraídas o deformadas, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o se hagan coincidir puntos diferentes. La transformación permitida presupone, en otras palabras, que hay una correspondencia biunívoca entre los puntos de la figura original y los de la transformada, y que la deformación hace corresponder puntos próximos a puntos próximos. Esta última propiedad se llama continuidad, y lo que se requiere es que la transformación y su inversa sean ambas continuas: así, trabajamos con homeomorfismos.

El topólogo considera los mismos objetos que el geómetra, pero de modo distinto: no se fija en las distancias o los ángulos, ni siquiera de la alineación de los puntos. Para el topólogo un círculo es equivalente a una elipse; una bola no se distingue de un cubo: se dice que la bola y el cubo son objetos topológicamente equivalentes, porque se pasa de uno al otro mediante una transformación continua y reversible. Dos espacios topológicos son homeomorfos o topológicamente equivalentes si existe una función biyectiva $f: X \rightarrow Y$ tal que f y f^{-1} sean continuas. La función f se llama homeomorfismo. [8]

Luego de esta muy breve aproximación a la topología, cabe destacar su aplicación en el Laboratorio de Manufactura Flexible – CIM (Computer Integrated Manufacture). El sistema de manufactura flexible permite realizar prácticas de producción industrial en un laboratorio asistido por computadoras y robots, con un software que se adapta a diferentes procesos productivos.

En el año 1998 comienza a funcionar el Laboratorio de Manufactura Flexible (CIM - Computer Integrated Manufacture) de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, destinado desde sus comienzos a la capacitación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial.

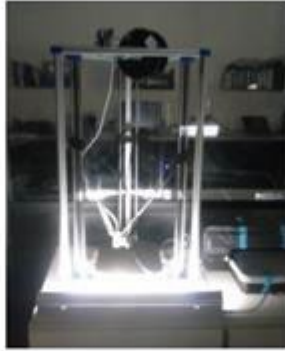
Dentro de las actividades del Laboratorio de Manufactura Flexible (CIM) se ha incorporado recientemente la impresión 3D. La topología, la impresión 3D y otras soluciones emergentes están cambiando nuestras expectativas sobre el diseño de productos. El uso de estudio de topología en conjunto con la fabricación aditiva permite rediseñar una pieza existente para reducir el peso y mejorar el rendimiento (mejor relación resistencia-peso) de las piezas, así como reducir el número de piezas combinando muchos elementos conectados a una sola pieza.

En el año 2016 ha sido creada la Unidad Experimental de Activos Estratégicos con el objetivo de brindar asistencia y soporte científico-tecnológico a los laboratorios y actividades académicas, de investigación y de vinculación tecnológica de nuestra Facultad. Tanto el Laboratorio de Manufacturas Flexibles CIM como la Unidad Experimental de Activos Estratégicos y el Laboratorio de Prototipado forman parte del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E) – Centro Asociado CIC. En este marco, desde hace un año, un equipo de trabajo multidisciplinario está desarrollando equipamiento didáctico

para laboratorios haciendo uso intensivo de las tecnologías de impresión 3D en materiales plásticos y recientemente en impresión 3D láser de metales.

El abordaje multidisciplinario del tema ha permitido desarrollar capacidades en la caracterización de los materiales (mediante acuerdos en marcha con el INTI, UBA, UNDAV y CNEA), capacidades en el diseño y construcción propia de equipos de impresión 3D (robots delta para PLA y ABS), el diseño y manufactura de piezas complejas (prototipos y aplicaciones industriales), e investigaciones en marcha para el estudio de la funcionalidad y aplicabilidad de piezas industriales y piezas hi-tech en manufacturas de alta exigencia para los sectores de tecnología médica, aeroespacial y nuclear.

Figura 2: Impresora 3D propia de la FIUNLZ. Fuente: Boletín Comunicando TIC – Julio 2017 – pp. 8



Impresora 3D en funcionamiento imprimiendo piezas de prototipos con PLA. El Robot delta fue diseñado y construido por el Ing. Alejandro Simoncelli – Laboratorio de Prototipos FIUNLZ (Donación de IITE Centro Asociado CIC FIUNLZ). Foto: Gentileza Agencia Quantum de Noticias.-

2. DESARROLLO

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) apunta a una enseñanza transdisciplinar en la cual el estudiante aprenderá los conocimientos de una forma integrada, conectando conceptos de diferentes disciplinas y lograría la comprensión de un concepto más rico y de mayor alcance, que si lo aprendiera del modo habitual dentro de los límites de cada campo disciplinar. Además le permitiría al estudiante construir conexiones entre conceptos de distintas disciplinas. Asimismo, el estudiante desarrollaría competencias para combinar prácticas de dos o más disciplinas para resolver un problema o un proyecto, obteniendo el conocimiento desde distintas miradas que puede dar lugar a las innovaciones. Si agregamos Arte a las 4 disciplinas anteriores en enfoque se denomina STEAM. [9]

Diversos autores consideran que la implementación de estas metodologías de enseñanza presentan beneficios en relación al impacto en la participación y el compromiso de los estudiantes, la efectividad de secuencia de aprendizaje implementada, y las oportunidades para un mayor aprendizaje. [10]

Teniendo en cuenta este enfoque de enseñanza, se orienta a la enseñanza de la impresión 3D, también conocida como manufactura por adición desde los aportes que puede brindar la Topología. Cuando está relacionado con actividades propias de la ingeniería, implica el uso del proceso de diseño de ingeniería (Figura 3) como medios pedagógicos para desarrollar el aprendizaje sobre tecnologías a través de la integración y la aplicación de Matemáticas y / o Ciencias. La integración de contenido implica enfocando intencionalmente contenido de ingeniería y disciplinario como objetivos de aprendizaje.[10]

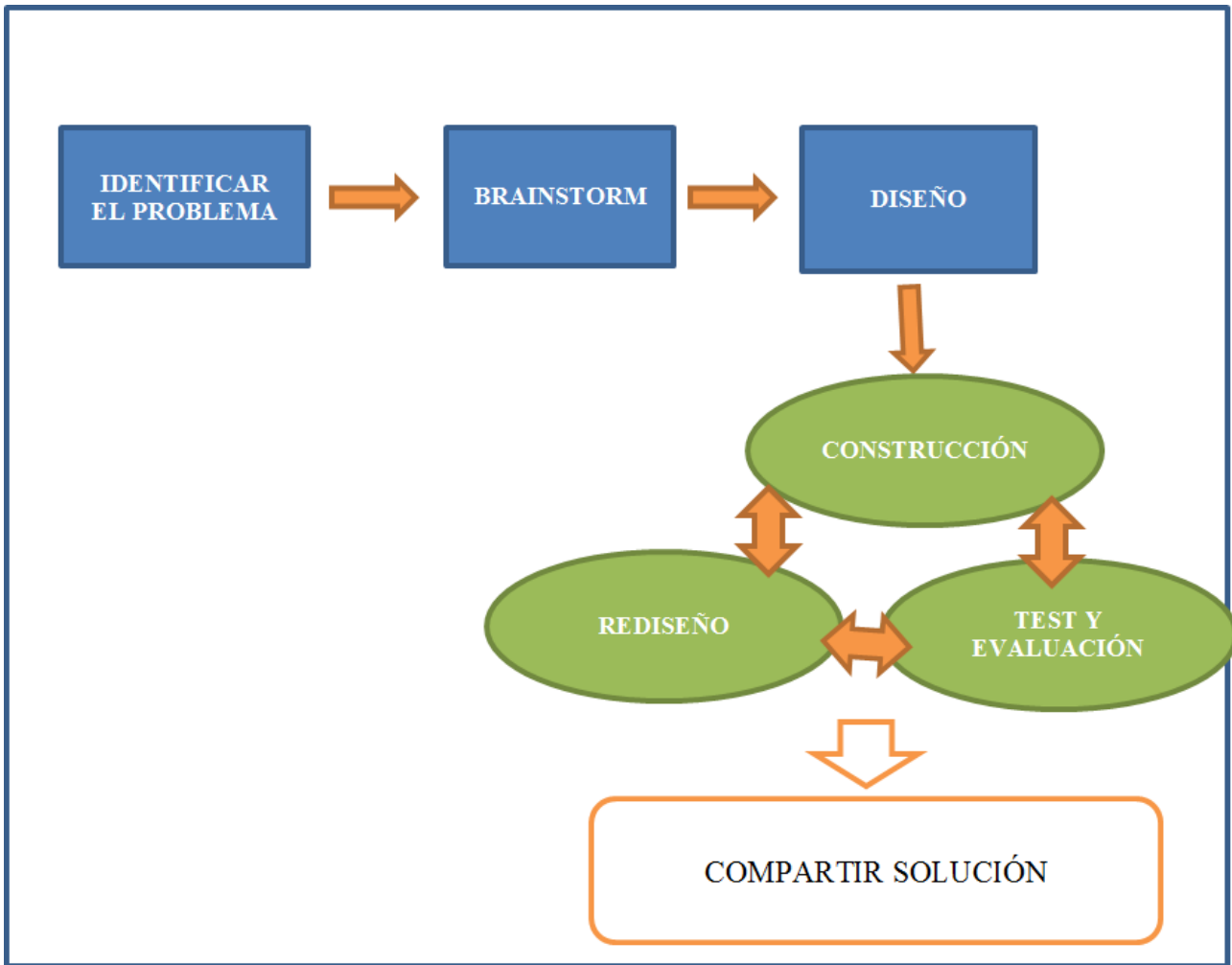


Figura 3: *Proceso de diseño de ingeniería. Adaptado de Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Panton, L. (2018)*

La impresión 3D es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto. (Figura 4 y Figura 5)

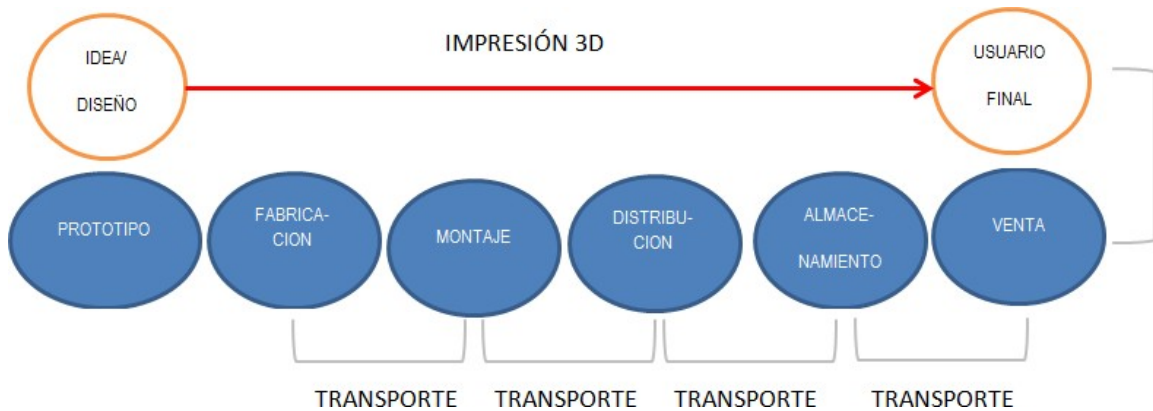


Figura 4: *Proceso en Impresión 3D. Fuente: Berchon y Luyt (2016).*



Figura 5: Proceso en Impresión 3D. Fuente: Berchon y Luyt (2016).

Desde este enfoque el proceso de diseño de un producto seguiría los siguientes pasos

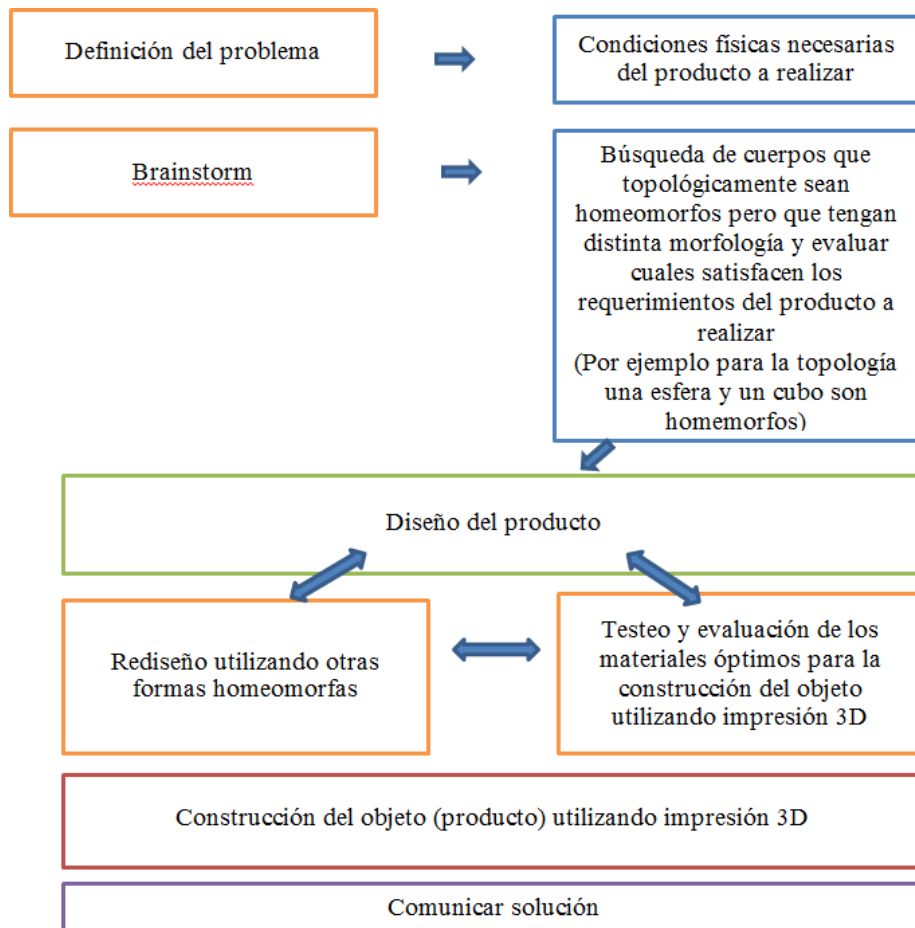


Figura 6: Proceso para el diseño de un objeto (producto) utilizando impresión 3D a través de formas homeomorfismo

Siguiendo este esquema propuesto en la Figura 6 se están diseñando objetos de aprendizaje para ser utilizados en la enseñanza de la ingeniería.

3. CONCLUSIONES.

Dado que el proyecto de investigación en el que se desarrolla el presente trabajo tiene una duración de dos años, habiendo transcurrido solamente 6 meses, los resultados obtenidos son muy preliminares.

4. REFERENCIAS.

- [1] Rojas, C., & Humberto, J. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. Universidad Antonio Nariño, Colombia
- [2] García Domínguez, A., Claver Gil, J., & Sebastián Pérez, M. Á. (2017). Aproximación metodológica a la optimización multiobjetivo de piezas obtenidas por impresión 3D
- [3] García-Domínguez, A. (2015). Metodología para la optimización del diseño de piezas para la fabricación con impresión 3D. Tesina Fin de Máster, Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Fabricación. Madrid: ETS de Ingenieros Industriales, UNED.
- [4] García-Domínguez, A., Camacho, A. M., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2016). Valoración de la incorporación de experiencias aplicativas de impresión 3D en la docencia de materias vinculadas a distintos escenarios productivos. Proc. XXIV CUJEET.
- [5] García-Domínguez, A., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2017). Methodology for the optimization of work pieces for additive manufacturing by 3D printing. Procedia Manufacturing, 13, 910-915.
- [6] García-Domínguez, A., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2017). Study for the selection of design software for 3D printing topological optimization. Procedia Manufacturing, 13, 903-909.
- [7] Berchon, M. & Luyt, B.(2016) La impresión 3D. Editorial Gustavo Gilli, Mexico
- [8] Matcho, M. (2002) ¿Qué es la Topología?, Sigma N°20
- [9] Rizzo, K.(2018). Educación STEAM: desafíos y oportunidades. Iberoamérica divulga. OEI. En <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Educacion-STEAM-desafios-y-opportunidades>
- [10] Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Panton, L. (2018). Exploring a STEM education pedagogy: Teachers' perceptions of the benefits of an extended integrative STEM learning program. In Integrated Education for the Real World. Proceedings of the 5th International STEM in Education Conference (pp. 416-423), Brisbane, November 21-13, 2018.

Estrategias para la enseñanza del concepto de productividad

Bava, Estefanía; Duro, Romina; Perez, Ana Julia; Perez, Juan Andrés*; Pissinis, Magali; Risiglione, María Laura; Serrano, Carolina

*Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.
Av. Constitución y Ruta Nac. N° 5. Luján (Bs As).
perezjandres@hotmail.com / laura_risiglione@hotmail.com*

RESUMEN

Como resultado del diagnóstico introspectivo y de la observación y comprensión del marco situacional de la asignatura Organización Industrial (primer año de la carrera de Ingeniería Industrial), el equipo docente elaboró un plan de acción tendiente a mejorar la inserción, retención y entendimiento del diseño curricular en general, y del concepto de productividad en particular por parte de los estudiantes, en virtud de que se trata de un conocimiento troncal para el resto de la carrera y resulta la base para la optimización de los procesos de producción de bienes o generación de servicios, tanto en el ámbito público, como privado o mixto.

En consecuencia, se trabajó en el rediseño del material de estudio del concepto de productividad, en el trabajo práctico y en las actividades áulicas teórico-prácticas, a los fines de mejorar la transposición didáctica del contenido y su aplicación en el campo profesional.

Si bien, a partir de los resultados obtenidos, aún se observa mejor desempeño en la temática de referencia en la cohorte 2016 respecto de 2018, resulta alentador el recupero de dicho índice respecto de 2017 y, consecuentemente, alienta continuar con un proceso similar a los fines de elevar gradualmente el desempeño de los estudiantes a partir del andamiaje del concepto de referencia.

Resulta posible afirmar que la transposición didáctica no sólo ha mejorado, sino que además, ha permitido al equipo docente comprender sobre metodologías de enseñanza que, sin desatender el tecnicismo propio del concepto, invitan a desarrollar la labor docente con foco en el público que transita por la asignatura Organización Industrial en particular, y por los primeros años de la carrera de Ingeniería Industrial en general.

Palabras Claves: Productividad, enseñanza, desempeño, transposición didáctica, andamiaje.

ABSTRACT

As a result of the introspective diagnosis and the observation and understanding of the situation framework of Industrial Organization subject (first year of the Industrial Engineering career), the teaching team developed an action plan to improve the insertion, retention and understanding of curricular design in general, and the concept of productivity in particular by students, because it is a core topic for the rest of the career and is the basis for the optimization of the processes of production of goods or generation of services, both in the public, private or mixed field.

As a result, we worked on the redesign of the study material for the concept of productivity, on practical work and theoretical-practical classroom activities, in order to improve the didactic transposition of the topic and its application in the professional field.

Although, based on the results obtained, there is still better performance in the reference theme in the 2016 cohort compared to 2018, the recovery of this index is encouraging compared to 2017 and, consequently, encourages continuing with a process similar to the aims to gradually increase student performance based on the scaffolding of the concept of reference.

It is possible to affirm that the didactic transposition has not only improved, but also, it has allowed the teaching team to understand teaching methodologies that, without neglecting the technical nature of the concept, invite to develop the teaching work with focus on the public that transits for the subject Industrial Organization in particular, and for the first years of the Industrial Engineering career in general.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentos

Organización Industrial I es, en el marco del plan de estudios 25.08 de Ingeniería Industrial, la segunda asignatura en la línea de conocimiento de ingeniería aplicada y se desarrolla en el segundo cuatrimestre del primer año de la carrera, como correlativa de Introducción a la Ingeniería.

Dado que se trata de una asignatura de primer año, las cohortes están conformadas en su mayoría por personas jóvenes, inmersas en un proceso de afiliación intelectual a las pautas y reglas que impone el nivel universitario [1]. Las cohortes además, se caracterizan por ser muy numerosas, tal como refleja la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 1 *Evolución de la matrícula de la asignatura. Período 2013-2017*

Cohorte	Cantidad de estudiantes
2013 (*)	116
2014	118
2015	174
2016	146
2017	134

(*) Momento en que se empieza a conformar el equipo actual de la asignatura

Más allá de la deserción y la tasa de abandono que caracterizan el ingreso a cualquier carrera universitaria, indicadores informados detalladamente en los anuarios que publica el Departamento de Estadísticas Educativas [2], el bajo rendimiento de los estudiantes en la asignatura de referencia en la cohorte 2014 obligó al equipo docente a iniciar en ese año un diagnóstico situacional.

En primer lugar y tal como se indica en la Tabla 2, se observó que la asignatura se emplaza en un cuatrimestre con alta carga horaria y nivel de exigencia, lo que resulta en muchas ocasiones en una decisión de abandono completo o parcial, siendo en el último caso, Organización Industrial I la variable de ajuste.

Tabla 2 *Asignaturas del 2º cuatrimestre de la carrera*

Código	Asignatura	Horas semanales
10933	Química General	6
10821	Álgebra	8
10022	Análisis Matemático I	8
40816	Organización Industrial I	4

Como resultado, los estudiantes optan por priorizar las líneas de conocimiento que parten de las Ciencias Básicas. Sin embargo, el análisis de correlativas del plan de estudios de Ingeniería Industrial [3] demuestra que dicha decisión no es la adecuada como estrategia de avance en la carrera. El esquema de la Figura 1 demuestra que cerca de un cuarto de las asignaturas del plan de estudios, parten de Introducción a la Ingeniería y consecuentemente, son correlativas a Organización Industrial I:

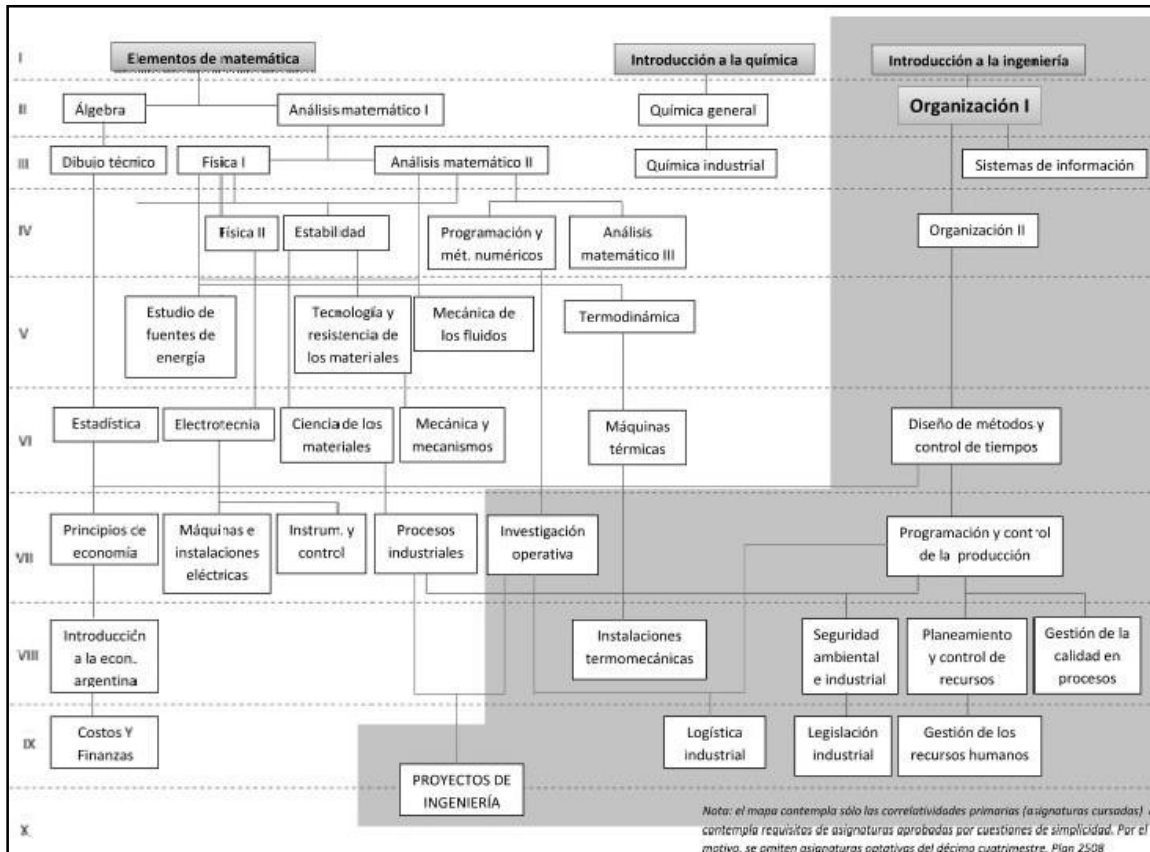


Figura 1 Mapa de la carrera de Ingeniería Industrial. Plan 25.08

El análisis introspectivo de la asignatura a su vez evidenció que:

- Se disponía de un total de más de 45 libros de referencia, entre bibliografía obligatoria y opcional.
- La bibliografía utilizada reunía a los autores tradicionales de la administración, en su mayoría con formación en el plano psicológico, filosófico y sociológico, con una orientación no acorde a las incumbencias del Ingeniero Industrial.

Como resultado del diagnóstico introspectivo y de la observación y comprensión del marco situacional de Organización Industrial I, el equipo docente elaboró un plan de acción tendiente a mejorar la retención y el rendimiento de los estudiantes en la asignatura. El plan contempló como acción central, la generación progresiva de materiales propios, que abordan la totalidad de las temáticas incluidas en el programa [4], con enfoque en las incumbencias del Ingeniero Industrial.

Así es que en 2014, se inició un trabajo continuo de búsqueda y selección de autores, lectura, interpretación y adecuación de la bibliografía, escritura y compaginación de documentos. Los diferentes textos fueron, con el avance del trabajo conjunto, gestando la idea de obtener un libro de uso áulico, que actualmente, se encuentra en proceso de revisión con el objetivo de ingresar en la Convocatoria 2019 de EdUNLu.

Los capítulos escritos a la fecha han cubierto todas las unidades del programa vigente y puede observarse en la Figura 2, entre 2014 y 2016, una correlación clara entre el avance del libro, el porcentaje de estudiantes que han regularizado (R) y promocionado (P) la asignatura, y los estudiantes que han quedado en situación de libre (L), a saber:

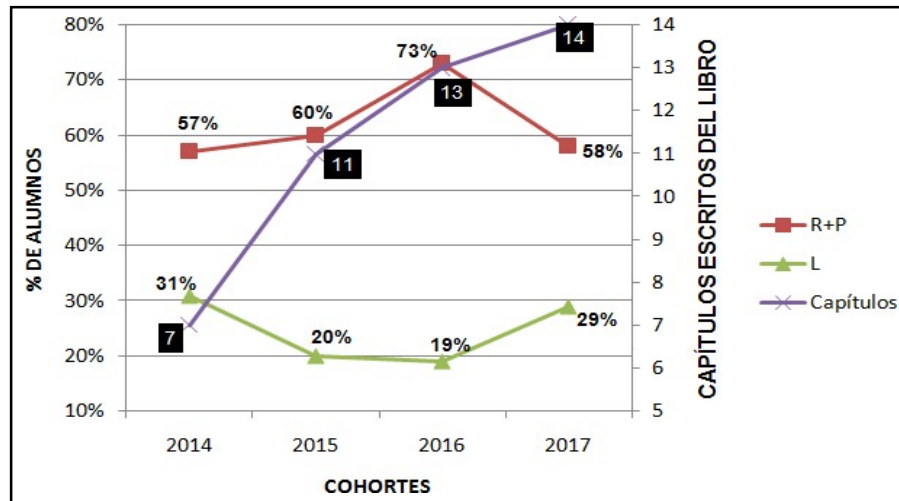


Figura 2 Condición final de los estudiantes en Organización Industrial I 2014-2017

(*) No será considerado para la referencia el año 2013, dado que se trató de un año disruptivo, al modificarse por completo la conformación del equipo docente, las formas de evaluación y los materiales bibliográficos de referencia.

Sin embargo, y a pesar del trabajo mancomunado realizado por el equipo docente, se observa que no existe evolución del rendimiento académico durante el período 2016-2017, un comportamiento motivado básicamente por dos factores: incremento considerable de estudiantes que se insertaron en el mercado laboral (menos tiempo de estudio, actividades o roles no vinculados a la ingeniería u otras) y abandono de las aulas por problemáticas asociadas a vaivenes en el transporte público de la zona de influencia (baja de frecuencia de colectivos y modificaciones en el servicio de tren, entre otras).

Puede observarse en la Figura 3 que entre las dos instancias parciales, se evaluaron todos los conceptos que forman parte del programa vigente de la asignatura. Se esperaba en cada uno de ellos, un rendimiento superior o igual al 60% para alcanzar la nota mínima establecida por el Régimen General de Estudios para la aprobación. En la gráfica que se muestra a continuación, se evidencia que los magros resultados se concentraron básicamente en dos temas concretos, a saber:

- Resolución de problemas (44% de rendimiento académico)
- Productividad – Tablero de comando (40% de rendimiento académico)

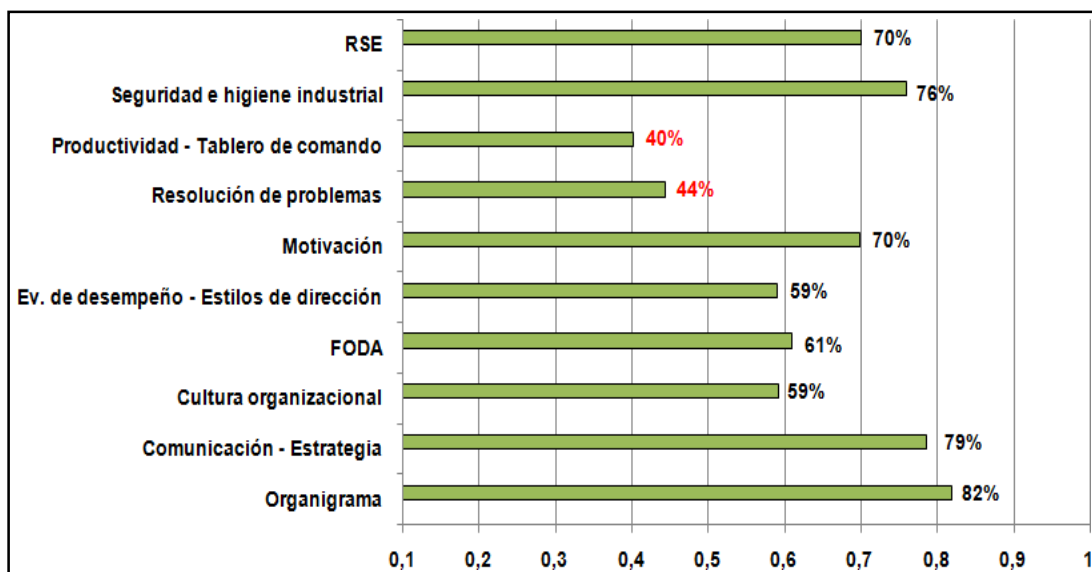


Figura 3 Rendimiento académico para cada uno de los conceptos evaluados en instancias parciales durante el desarrollo de la cohorte 2017 en Organización Industrial I

Tal como está reflejado en el programa vigente, en ambos temas se desarrollan actividades prácticas, grupales y de trabajo remoto, como complemento al desarrollo áulico. Sin embargo, existe una marcada diferencia en el rendimiento académico entre dichas actividades. En la Figura 4 se puede observar que el 81% de los informes grupales entregados, en primera instancia, se encontraban desaprobados para el

tema de Productividad/Tablero de comando, mientras que para Resolución de Problemas el porcentaje era significativamente menor.

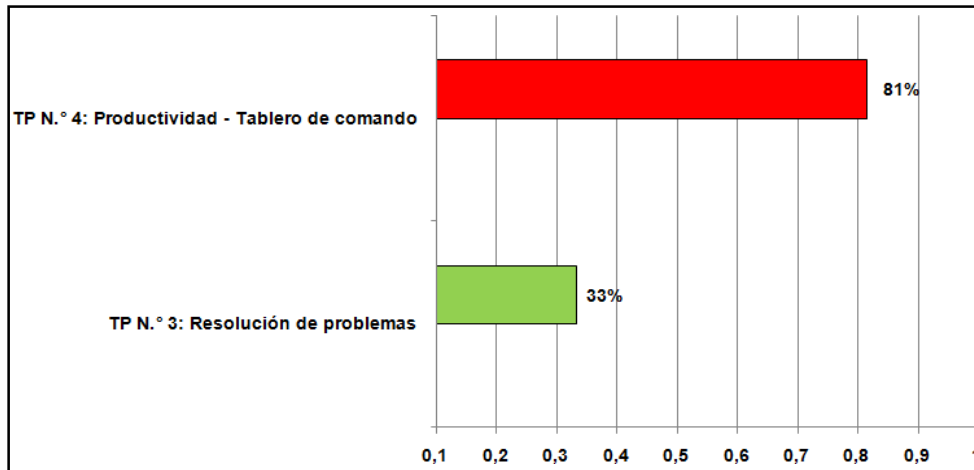


Figura 4 Grupos de alumnos desaprobados en los trabajos prácticos 3 y 4, evaluados durante el desarrollo de la cohorte 2017 en Organización Industrial I

En función del análisis anterior, se concluye que la problemática se concentra mayoritariamente en el capítulo dedicado al tema Productividad. Un concepto que, además de ser parte del programa de la asignatura, resulta troncal para el resto de la carrera, siendo la base para la optimización de los procesos de producción de bienes o generación de servicios, tanto en el ámbito público, privado o mixto [5-8]. En consecuencia, motiva el presente proyecto de asignatura, la necesidad de rediseñar el material de estudio, el trabajo práctico y proponer actividades áulicas teórico-prácticas que permitan mejorar la transposición didáctica [9] del concepto de productividad y su aplicación práctica, en el marco del desarrollo de la asignatura Organización Industrial I, durante el segundo cuatrimestre de 2018.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Diseñar estrategias para la transposición didáctica del concepto de productividad y evaluar el impacto de su aplicación, a partir de la medición del desempeño de los estudiantes de la cohorte 2018 de Organización Industrial I en los exámenes y trabajos prácticos.

1.2.2 Específicos

- Detectar las principales dificultades de los estudiantes en torno a la comprensión del concepto de Productividad.
- Rediseñar el material de estudio de la asignatura en función de las dificultades detectadas.
- Diagramar actividades teórico-prácticas que permitan facilitar la transposición didáctica del concepto de productividad, focalizando la aplicación a las incumbencias del Ingeniero Industrial (Plan 25.08).
- Releva en el aula, el interés y el grado de adhesión a las actividades teórico-prácticas propuestas.
- Proponer acciones que permitan andamiar a los estudiantes en la comprensión de un concepto troncal para su desarrollo profesional, a fin de contribuir al desempeño académico en Organización Industrial I y servir como antecedente para el desarrollo de actividades complementarias en las asignaturas correlativas de la línea de conocimiento.
- Establecer un criterio de medición cuali-cuantitativa, que permita evidenciar si las estrategias contribuyen efectivamente a mejorar el desempeño de los estudiantes, en cuanto a la comprensión del concepto y el impacto e importancia de su aplicación.

1.3. Materiales y métodos

1.3.1 Materiales

- Copias impresas de las actividades
- Calculadoras
- Computadora y proyector (soportes audiovisuales)
- Cronómetro
- Material de estudio de la asignatura
- Acceso a Plataforma digital

1.3.2 Métodos

Las dificultades de los estudiantes en la comprensión y aplicación del concepto de Productividad, se han evidenciado a partir de su performance en parciales y trabajos prácticos (Ver Figura 3 y 4). El análisis de

las fallas en la comprensión se lleva adelante a partir de:

- Una revisión pormenorizada de las respuestas a las consignas evaluadas en torno al tema de Productividad en parciales y finales de febrero de 2014 a mayo 2018, y la clasificación de dichas fallas.
- Un análisis de los comentarios recibidos en la encuesta electrónica web y en forma verbal durante los exámenes integradores.

Una vez determinados los principales problemas en la apropiación de los conocimientos, se reformula el material de estudio con el aporte de todos los integrantes del equipo de trabajo. Se lleva a cabo una prueba piloto con los Ayudantes de Segunda, cuya visión es más cercana a la de un estudiante.

Asimismo, se rediseña el Trabajo Práctico de Productividad, y se diseñan actividades áulicas que incluyen desde ejercicios sencillos hasta el análisis de un caso.

El impacto del proyecto en el desempeño de los estudiantes, se puede medir a través del análisis del desempeño en:

- El segundo examen parcial de la asignatura (en el cual se evalúa el concepto de Productividad)
- En los finales de la asignatura.
- El trabajo práctico específico del tema.

En líneas generales, se evalúa para el período 2016-2018:

- Porcentaje de aprobados en primera instancia, en TP de Productividad.
- Rendimiento académico en la consigna de Productividad del segundo parcial en base a una escala de 10 puntos.
- Percepción de los estudiantes que rindan el integrador oral de la asignatura.
- Percepción de los estudiantes, manifestada en comentarios de Encuesta Web 2018 (de acceso reservado para el docente responsable de la asignatura)

2. RESULTADOS

Al respecto del material de estudio:

El material elaborado específicamente para el tema de referencia tiene su primera versión en 2016 y, posteriormente, se generaron revisiones menores (de forma) para el año siguiente.

Sin embargo, como parte del proceso de mejora continua y, atendiendo a las necesidades y objetivos planteados para el presente proyecto, se realizaron revisiones sustantivas del documento previo al inicio del segundo cuatrimestre de 2018, a saber:

- Revisión general del documento en aspectos de coherencia y cohesión.
- Modificaciones al abordaje y la secuencia de desarrollo, a los que se sumaron espacios de reflexión e interpretación de casos/situaciones reales.
- Se incorporó al texto un Anexo I (denominado “Guía de ejercitaciones”, con dos casos testigos y reales de la industria, desarrollados con una complejidad gradual)
 - Se incorporó al texto un Anexo II (consecuente con el anexo anterior, aquí se desarrolla la resolución de los problemas en un esquema reflexivo, paso a paso, con resultados concretos para contraste del desarrollo individual de cada estudiante).
 - El material, en su conjunto, incrementó su cuerpo de 22 páginas, a 35 páginas.

Al respecto de la actividad áulica teórico-práctica

Durante el desarrollo del encuentro teórico en el que se abordó la temática de referencia, se realizó una actividad práctica en el seno de la clase, cuyas características generales resultaron:

- Trabajar sobre un caso real, derivado de la investigación realizada en el marco de la tesis de maestría del docente Juan Andrés Pérez.
 - Al caso real indicado anteriormente, se le produjeron adaptaciones a la nomenclatura y terminología técnica, como así también, se sustrajeron extractos del caso que se consideraron innecesarios para el público destino.
 - Se trabajó en grupos de 5/6 estudiantes, conformados aleatoriamente según ubicación en el aula.
 - Cada grupo fue acompañado por un miembro del equipo docente, que fue evacuando sus dudas de forma particular.
 - Todos los equipos pudieron resolver la totalidad de los ejercicios (se plantearon 6).
 - Finalmente, los diferentes grupos realizaron una puesta en común de los resultados y, todo ello, fue utilizado como punto de partida para continuar con la segunda parte de la clase teórica (destinada a los “condicionantes de la productividad”)

Al respecto del trabajo práctico

La Tabla 3 muestra, de forma comparativa, las características del trabajo práctico de referencia para el año 2017 (inicial, sobre el que se evidenciaron problemas para el entendimiento del tema) y el nuevo diseño y abordaje para 2018 (a propuesta del equipo docente), que consistieron en los siguientes

aspectos:

Tabla 3 *Caracterización del trabajo práctico asociado a productividad*

Aspecto	Material utilizado en 2017	Material utilizado en 2018
Origen del texto	Artículo periodístico del diario El Cronista (sección economía, 3 páginas de extensión, terminología y vocabulario propio de economía y costos)	Redactado íntegramente por el equipo docente, sin desatender la terminología académica y enfocado en el estudiante de ingeniería industrial de primer año de la carrera
Ejercicios	Un total de 5, sobre productividad y tablero de comando	Un total de 4, concisos y enfocados en productividad

A continuación, se muestra en la Figura 5 el desempeño de los estudiantes en el proceso de evaluación del trabajo práctico entregado en 2016, 2017 y 2018 como porcentaje de trabajos aprobados (A) y desaprobados (D).

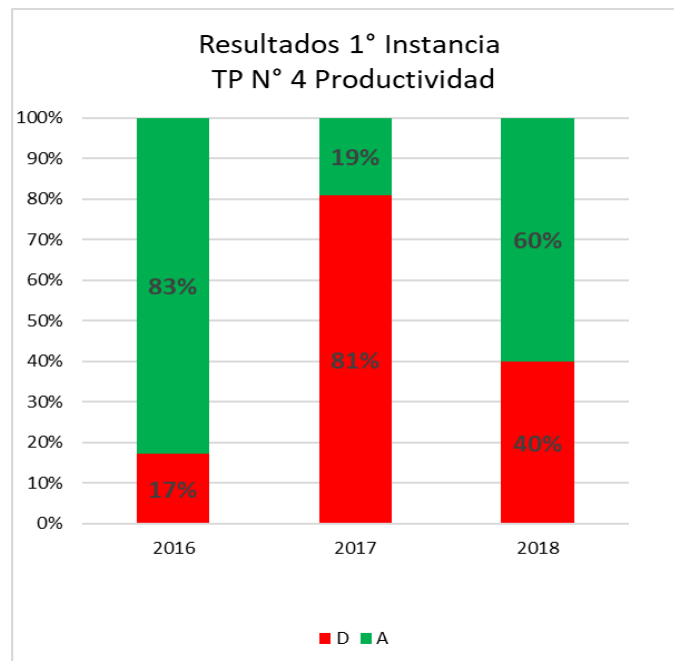


Figura 5 *Resultados grupales de entrega en primera instancia del TP N° 4. (Cohortes 2016, 2017 y 2018)*

Como consecuencia del relevamiento realizado en el período de referencia y, derivado de los cambios sustantivos realizados en el diseño, presentación y desarrollo de la nueva propuesta de trabajo práctico para el año 2018, se observó una notable mejoría en la aprobación de los estudiantes. Al respecto, se produjo una baja interanual de 41 puntos porcentuales en la cantidad de grupos desaprobados entre 2017 y 2018, lo que evidencia el impacto positivo de los cambios planteados en el diseño de la actividad y en la ejecución de la práctica áulica y el trabajo grupal de forma remota.

Resulta menester citar que, de los resultados obtenidos, aún sigue siendo menor la cantidad de grupos aprobados en 2018 respecto de 2016. Sin embargo, es alentador el recupero de los índices en el último año y, consecuentemente, alienta continuar con un proceso similar a los fines de elevar gradualmente el desempeño de los estudiantes a partir del andamiaje del concepto de referencia.

Al respecto del segundo parcial

○ Período 2016-2017

En función de los que se desprende de la Figura 6, se observa un crecimiento interanual del porcentaje de estudiantes que desaprobó el segundo parcial y que a su vez, refleja un comportamiento similar en el concepto particular de productividad.

En efecto, y de acuerdo a la Figura 7, en las preguntas realizadas sobre productividad, en 2017 el total de los estudiantes alcanzó, en promedio, el 40% del puntaje total establecido, mientras que el mismo dato, en 2016, arrojó un promedio de 67%.

○ Período 2017-2018

Los resultados en este período muestran un notable recupero de los indicadores de estudiantes aprobados en 2018, con un crecimiento interanual del 10%

Concomitantemente, se elevó significativamente la proporción de estudiantes que alcanzó el puntaje

mínimo esperado para las preguntas relacionadas a productividad, alcanzando un 70% de calificación promedio, superando incluso los resultados del período anterior.

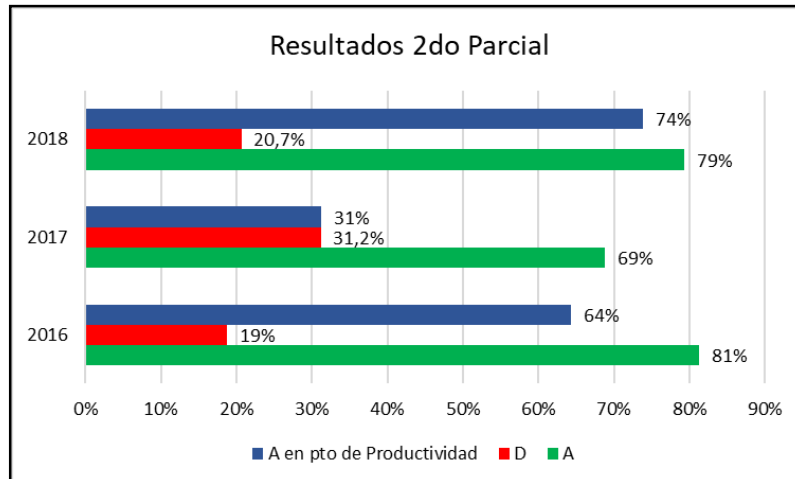


Figura 6 Resultados de 2do parcial de estudiantes de las cohortes 2016, 2017 y 2018

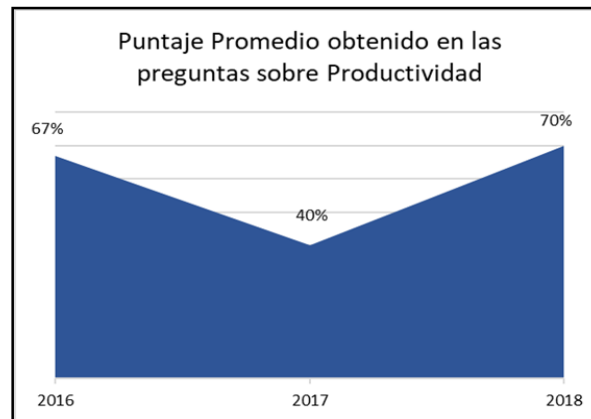


Figura 7 Puntaje promedio en las preguntas sobre productividad del segundo parcial, obtenido por los estudiantes de las cohortes 2016, 2017 y 2018

Al respecto de la formación de los docentes involucrados

Cabe destacar que, durante el proceso de investigación y trabajo del presente Proyecto de Asignatura, fue necesario incorporar herramientas metodológicas que permitan mejorar la transposición didáctica. En efecto, los docentes Juan Andrés PEREZ, María Laura RISIGLIONE y Estefanía BAVA desarrollaron el Curso de Formación Pedagógica “Enseñar y comprender en el aula universitaria” (Expte. N° 1259/18, Disp. CDDE N° 195/17) de 35 (treinta y cinco) horas totales, con calificación de “aprobado”.

3. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en cada una de las estrategias adoptadas para el desarrollo del concepto de productividad, se observa que se ha elevado notablemente la actuación de los estudiantes para con el tema y que, consecuentemente, se ha dado cumplimiento a cada uno de los objetivos oportunamente establecidos en el presente proyecto, tanto general como específicos. Vale destacar que el trabajo realizado demanda esfuerzos adicionales del equipo docente, superiores a los requeridos para el desarrollo de una clase expositiva tradicional y a su vez, un costo económico asociado a los materiales impresos que se utilizan para el desarrollo de las actividades prácticas. Sin embargo, en pos de sostener el desarrollo de las mencionadas actividades, se detecta como una oportunidad el uso de herramientas TIC en futuras cohortes.

Consecuentemente, resulta posible afirmar que la transposición didáctica no sólo ha mejorado, sino que además, ha permitido al equipo docente comprender sobre metodologías de enseñanza que, sin desatender el tecnicismo propio del concepto, invitan a desarrollar la labor docente con foco en el público particular que transita por nuestra asignatura.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Casco, M. (2008). *Afiliación intelectual y prácticas comunicativas de los ingresantes a la universidad*. Co-herencia. 6 (11) 233-260.
- [2] Anuarios UNLu 2014, 2015, 2016. Recuperado de: <http://www.estadisticaseducativas.unlu.edu.ar/?q=node/29>. Fecha de consulta: Abril de 2018.
- [3] Plan de estudios de ingeniería industrial. Unlu.edu.ar. Recuperado de <http://www.unlu.edu.ar/carg-industrial.html> Fecha de consulta: 28/02/2018
- [4] Programa de la asignatura 40816 Organización Industrial I. Unlu.edu.ar. Recuperado de <http://www.certificaciones.unlu.edu.ar/sites/www.certificaciones.unlu.edu.ar/files/site/Programas/25/40816.pdf>. Fecha de consulta: 28/02/2018
- [5] Biasca, R. (1981). *Productividad: un enfoque integral del tema*, Buenos Aires. Argentina. Editorial Macchi.
- [6] Kanawaty, G (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*, Ginebra. Suiza. Editorial OIT
- [7] Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: manual práctico*, Ginebra. Suiza. Editorial OIT.
- [8] United nations. Department of economic and social affairs, Un.org. Recuperado de <http://esa.un.org/unpd/wpp>. Fecha de consulta: 28/02/2018.
- [9] Bruner, J. (2001) *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid. España. Editorial Alianza.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer:

- A la Ing. Anabella Karina Gei, quién desde la función de Profesora Responsable de la asignatura, ha permitido que el equipo de auxiliares docentes trabaje sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, proponiendo metodologías novedosas acordes a las temáticas y la problemática evidenciada en cada caso, apostando a la formación en docencia e investigación de todos docentes de la asignatura.
- A los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, quiénes han realizado sus críticas y aportes constructivos a los fines de mejorar el proceso de enseñanza en su conjunto.
- Al Departamento de Tecnología de la UNLu, al cual pertenecemos, por brindar herramientas y posibilidades para que docentes inexpertos, inicien sus primeros pasos en el camino de la investigación.

Estrategias para la enseñanza del concepto de evaluación de desempeño

Bava, Estefanía; Duro, Romina; Perez, Ana Julia; Perez, Juan Andrés; Pissinis, Magali; Risiglione, María Laura*; Serrano, Carolina

*Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján.
Av. Constitución y Ruta Nac. N° 5. Luján (Bs As).
perezjandres@hotmail.com / laura_risiglione@hotmail.com*

RESUMEN

Como resultado del diagnóstico introspectivo y de la observación y comprensión del marco situacional de la asignatura Organización Industrial (primer año de la carrera de Ingeniería Industrial), el equipo docente elaboró un plan de acción tendiente a mejorar la inserción, retención y entendimiento de los estudiantes. Analizando los resultados de las evaluaciones parciales de la asignatura, se detectó que uno de los contenidos en los cuales los estudiantes evidenciaban menor rendimiento académico era *Evaluación de desempeño*.

A fin de abordar la problemática, se trabajó en el rediseño de la clase de *Evaluación de desempeño* utilizando la Metodología de Indagación (estrategia de aprendizaje centrado en el estudiante), con el objetivo de mejorar la transposición didáctica del contenido y su aplicación en el campo profesional, en el marco de las competencias específicas del Ingeniero Industrial y los descriptores de conocimiento del Libro Rojo de CONFEDI. A fin de evaluar los resultados obtenidos, se relevó el grado de participación de los estudiantes durante la clase, las apreciaciones emitidas al finalizar la clase, se midió el grado de satisfacción mediante una encuesta anónima online y se abrió un foro de participación optativa en la Plataforma Digital de la asignatura. Asimismo, se evaluaron los resultados obtenidos en la evaluación del contenido, en el examen parcial.

Se puede afirmar que la transposición didáctica del contenido no sólo ha mejorado, sino que además, ha permitido al equipo docente incorporar metodologías de enseñanza que, sin desatender el tecnicismo propio del concepto, invitan a desarrollar la labor docente con foco en el público que transita por la asignatura Organización Industrial en particular, y por los primeros años de la carrera de Ingeniería Industrial en general.

Palabras Claves: Organización Industrial - Desempeño – Indagación – Transposición.

ABSTRACT

As a result of the introspective diagnosis and the observation and understanding of the situation framework of Industrial Organization subject (first year of the Industrial Engineering career), the teaching team developed an action plan to improve the insertion, retention and understanding of students. By the analysis of the results of subject's parcial exams, the team detected that the concept in which the students showed poor academic performance was Performance Evaluation. In order to solve the problem, the team worked to redesign Performance Evaluation class, by the utilization of Inquiry Methodology (Student-centered Learning) to improve the didactic transposition of the topic and its application in the professional field, according to specific skills and knowledge descriptors of CONFEDI's Red Book for Industrial Engineers. In order to evaluate the results, participation in class was noted, as well as the insights and perceptions once completed it, satisfaction level was measured by an online survey and an optative forum on the Digital Platform was opened to collect opinions and perceptions. It is possible to affirm that the didactic transposition has not only improved, but also, it has allowed the teaching team to understand teaching methodologies that, without neglecting the technical nature of the concept, invite to develop the teaching work with focus on the public that transits for the subject Industrial Organization in particular, and for the first years of the Industrial Engineering career in general.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentos

Organización Industrial I es, en el marco del plan de estudios 25.08 de Ingeniería Industrial, la segunda asignatura en la línea de conocimiento de ingeniería aplicada y se desarrolla en el segundo cuatrimestre del primer año de la carrera, como correlativa de Introducción a la Ingeniería.

Dado que se trata de una asignatura de primer año, las cohortes de Organización Industrial I están conformadas en su mayoría por estudiantes muy jóvenes, inmersos en un proceso de afiliación intelectual a las pautas y reglas que impone el nivel universitario [1]. Las cohortes además, se caracterizan por ser muy numerosas (en torno a las 140 inscriptos), lo que conduce a la apertura de dos comisiones (C10 y C11, martes y jueves, respectivamente)

Tal como se muestra en la Figura 1, Organización Industrial I se emplaza en un cuatrimestre con alto nivel de exigencia, lo que lleva a los estudiantes a priorizar en muchos casos, otras asignaturas con mayor impacto en el avance de la carrera.

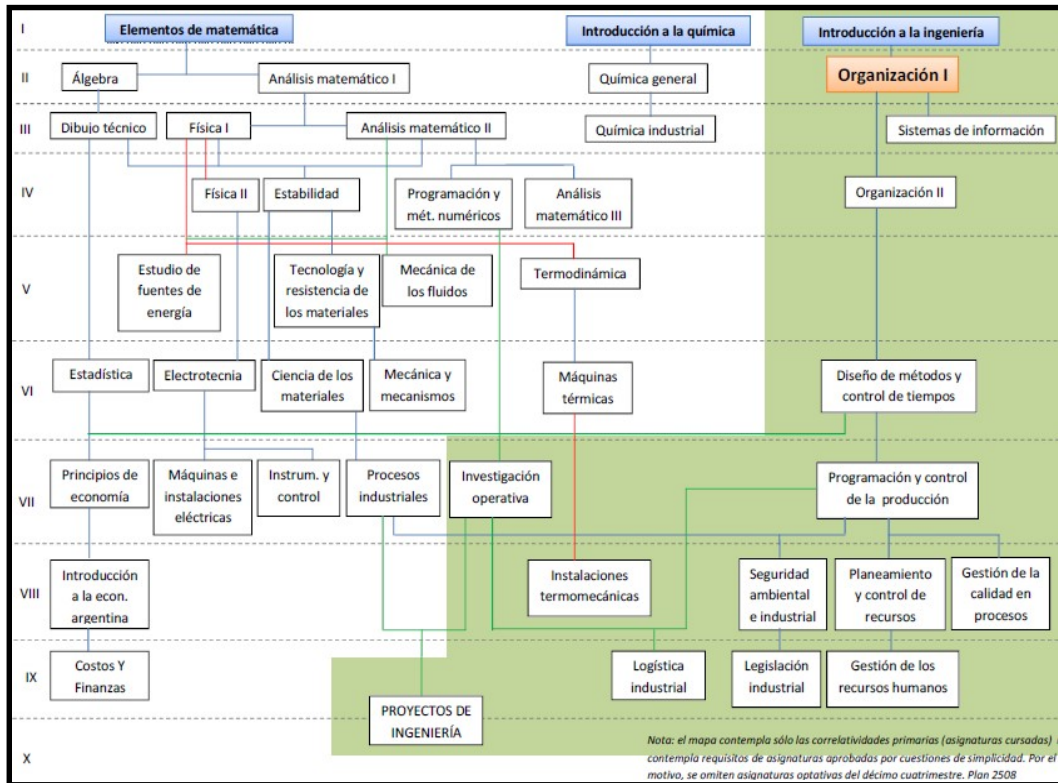


Figura 1 Mapa de la carrera de Ingeniería Industrial. Plan 25.08. [2]

Los contenidos establecidos por programa se desarrollan a lo largo de once encuentros, cada uno de los cuales tiene una carga horaria de cuatro horas. Las clases son de índole expositivo y en la mayor parte se utiliza la Metodología de Estudio de Casos [3]. A su vez, existen cuatro contenidos que han sido determinados como críticos, que por tanto, contemplan la realización de trabajos prácticos grupales en el hogar.

Como resultado del diagnóstico introspectivo y de la observación y comprensión del marco situacional de Organización Industrial I, el equipo docente elaboró en 2017, un plan de acción tendiente a mejorar la retención y el rendimiento de los estudiantes en la asignatura. El plan contempló como acción inicial, el análisis del rendimiento académico de los estudiantes en los exámenes parciales, en los diferentes contenidos disciplinares de la asignatura, a fin de detectar los puntos a trabajar:

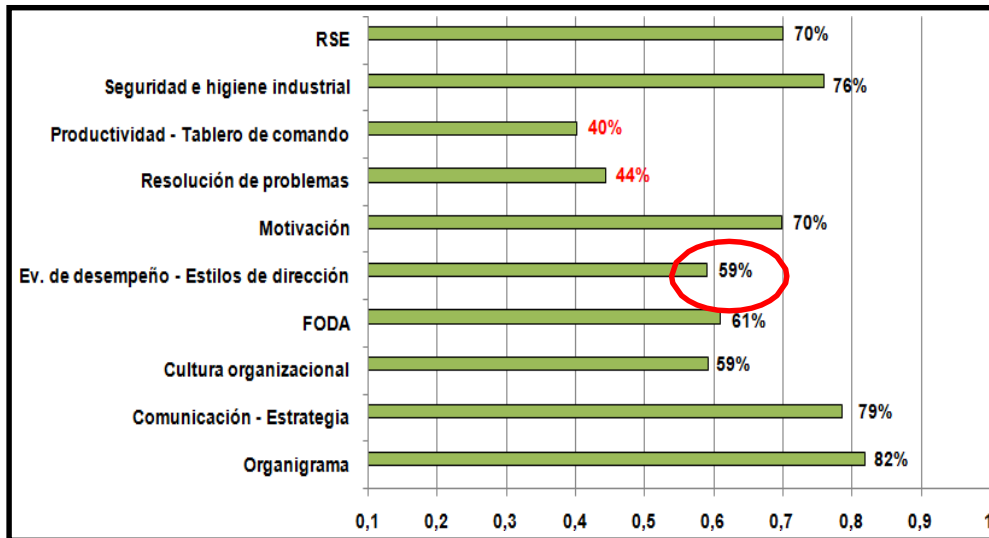


Figura 2 Rendimiento académico para cada uno de los conceptos evaluados en instancias parciales durante el desarrollo de la cohorte 2017 en Organización Industrial I

En primer lugar, se detectó que los contenidos en los cuales los estudiantes tenían el menor rendimiento académico eran *Productividad* y *Resolución de problemas*. Para abordar la problemática, se planteó en 2018 un Proyecto de Asignatura (PDA) denominado “*Estrategias para la enseñanza del concepto de Productividad*” que contempló la modificación de los materiales de lectura existentes y una dinámica de clase que intenta responder al Método de Problemas [3].

Acciones similares se llevaron adelante para el contenido *Resolución de problemas*.

Siguiendo con el análisis, los contenidos en los que los estudiantes exhiben menor rendimiento académico, son los de *Cultura organizacional* y *Evaluación de desempeño*. En el primer caso, se aplicó en 2018 el Estudio de Casos como actividad de cierre en la secuencia didáctica de la clase. *Evaluación de desempeño* en tanto, es un contenido correspondiente a la clase N° 5 de Organización Industrial I, tradicionalmente desarrollado en la asignatura mediante una metodología expositiva, que evidenciado en exámenes parciales, no resulta eficaz a la hora de lograr el aprendizaje y la integración con los contenidos de clases anteriores (Ver Figura 2). Detectada esta dificultad y no habiendo sido aún objeto de trabajo el contenido *Evaluación de desempeño*, se decide trabajar en una alternativa para su trasposición didáctica.

Paralelamente, en el marco de la propuesta del CONFEDI hacia el Consejo de Universidades (CU) en 2018, resulta imperioso iniciar un proceso de adecuación de las prácticas de enseñanza, a fin de migrar de la enseñanza tradicional mediada por la clase expositiva, a modelos más participativos, bajo el encuadre por competencias (nuevo paradigma en materia de estándares de acreditación). En este sentido, el CONFEDI propone introducir estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante (ACE) [4], que “*se basa en un enfoque cognitivo del aprendizaje y se fundamenta en el autoaprendizaje*” [3], mediante las cuales el estudiante adopta un rol más activo en la construcción del conocimiento [5].

La Metodología de Indagación es una estrategia de aprendizaje centrado en el estudiante que se basa en la generación de preguntas, surgidas de la reflexión activa, crítica y creativa acerca de un objeto de estudio dado [3]. Tiene un alto potencial, dado que estimula la creatividad y la autocorrección del pensamiento en los estudiantes. Claramente coloca al docente en una posición diametralmente opuesta a la tradicional, y este cambio necesario en el rol puede fundamentarse en que “*un docente fuente y transmisor de informaciones no hace más que reforzar (...) la pasividad intelectual y los hábitos contenidistas de los ingresantes*” [1]. En cambio, mediante la Metodología de Indagación, se busca estimular la curiosidad de los estudiantes, mediante un “*alentando a la aparición de un espíritu activo y crítico en la apropiación de los conocimientos*” [1]. En consecuencia, se decide abordar la trasposición didáctica del contenido *Evaluación de desempeño* a través de la implementación de la Metodología de Indagación, en el marco de las estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante, para la cohorte 2018 de la asignatura Organización Industrial I del plan de estudios de Ingeniería Industrial.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Implementar la estrategia de aprendizaje centrado en el estudiante denominada Metodología de Indagación y evaluar la percepción y el impacto de su aplicación, a partir de la medición del rendimiento de los estudiantes de la cohorte 2018 de Organización Industrial I en la clase y los exámenes respecto del contenido de *Evaluación de desempeño*.

1.2.2 Específicos

- Encuadrar el tema *Evaluación de desempeño* en los descriptores de conocimiento y las competencias específicas definidas en el Libro Rojo de CONFEDI [4].
- Determinar el propósito pedagógico y los resultados de aprendizaje esperados en términos de competencias (conocimientos, habilidades y actitudes)
- Rediseñar la clase de *Evaluación de desempeño* a fin de mejorar la transposición didáctica del contenido y su aplicación en el campo profesional, aplicando la Metodología de Indagación.
- Relevar en el aula, el interés y el grado de participación de los estudiantes.
- Recoger y valorar las apreciaciones de los estudiantes en torno a la metodología de enseñanza-aprendizaje implementada.
- Evaluar si la metodología contribuye efectivamente a mejorar el desempeño de los estudiantes en los exámenes parciales, en cuanto a la comprensión del contenido y el impacto e importancia de su aplicación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

- Copias impresas de formularios reales de evaluación de desempeño
- Computadora y proyector (soportes audiovisuales)
- Cronómetro
- Material de estudio de la asignatura
- Acceso a Plataforma digital
- Encuesta de satisfacción (Google Forms)

2.2 Métodos

Antes de iniciar la planificación de la clase, se procede a encuadrar el tema *Evaluación de desempeño* en las competencias específicas y descriptores de conocimiento y se definen los resultados de aprendizaje esperados, de acuerdo al Enfoque de Diseño Inverso [8] a través de un análisis sistemático propuesto por CONFEDI [6].

Tabla 1 *Encuadre del contenido Evaluación de Desempeño*

Competencia específica	Descriptores de conocimiento		Resultados de aprendizaje esperados
	Prescriptos (Libro Rojo)	En la asignatura (contenidos)	
2.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones	> Administración y gestión técnico-económica de las organizaciones. > Comportamiento organizacional y relaciones del trabajo.	Organización y empresa. Cultura organizacional Filosofía organizacional Política y estrategia organizacional Análisis FODA Estructuras organizacionales Departamentalización Organigramas Capacitación y desarrollo Estilos de dirección Evaluación de desempeño Comunicación organizacional Liderazgo Trabajo en equipo Sindicatos-Negociación-CCT Herramientas para la resolución de problemas Indicadores. Productividad	COGNITIVOS: - Comprender el concepto de desempeño, en relación a las competencias y los objetivos de un puesto de trabajo. - Comprender porqué es necesario medir el desempeño de las personas en las organizaciones. - Concebir a la evaluación de desempeño como un proceso. - Estudiar cómo deben ser las características de los evaluadores - Diferenciar evaluaciones 180 y 360 grados. - Comprender la regla SMART para el establecimiento de objetivos. <hr/> HABILIDADES > Analizar, comprender e interpretar un formulario de evaluación de desempeño. > Administrar el tiempo disponible > Desarrollar habilidades comunicativas para el intercambio. <hr/> ACTITUDES > Aprender a trabajar en equipo > Aprender a negociar con pares. > Desarrollar un espíritu crítico.

A continuación, se elige de entre las estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante, la denominada Metodología por Indagación, entendiéndola que es la que mejor se ajusta a los resultados de aprendizaje esperados, las características de la temática a desarrollar y el tiempo disponible para el desarrollo del contenido temático (4 horas).

En segundo lugar se procede a planificar y estructurar la clase en tres fases: inicio (preinstruccional), desarrollo (coinstruccional) y cierre (postinstruccional), acordes a las características y objetivos de la metodología seleccionada [3].

Para iniciar la clase, se propone un brainstorming acerca de lo que significa “trabajar bien” para luego conceptualizar qué es el desempeño y qué impacto tiene en los resultados empresariales. Esto se considera un encuadre conceptual suficiente para abordar la actividad. Para el desarrollo, se pide a los estudiantes que se agrupen de a 5-7 personas y se entrega a cada grupo un formulario de evaluación de desempeño real de una organización con actividad industrial y/o comercial en la región (objeto de estudio para el proceso de indagación). Asimismo, se entrega a los grupos una planilla con preguntas, a fin de orientar la reflexión y la discusión en torno al formulario entregado. Las preguntas se detallan en el Anexo I. Se explica la actividad y se solicita a los grupos que lean el formulario entregado y respondan en forma escrita a las consignas presentadas para compartir luego con el resto de la clase.

Se deja a los grupos trabajar durante 40 minutos. Entre tanto, los docentes aportan a los intercambios e interpelan a los grupos con nuevos interrogantes para enriquecer la discusión y el proceso de construcción de los conocimientos.

Una vez terminado el ejercicio, se pide a los grupos que compartan las respuestas de cada una de las consignas planteadas. En tanto, el docente complementa la discusión, contextualizando con información acerca de la empresa cuyo formulario se estaba analizando, y volcando la teoría necesaria para abordar cada eje del contenido temático, a demanda, a medida que los estudiantes van generando más interrogantes y requiriendo más respuestas. Todo esto en una atmósfera propicia para el debate, alentando la mayor participación posible, estimulando líneas de discusión convergentes y divergentes, agrupando ideas y conclusiones y dejando interrogantes abiertos que revitalizan la indagación.

Para el cierre de la clase, se entrega a los grupos una copia del artículo “*El difícil arte de medir el desempeño*” [7] en el cual, profesionales de Recursos Humanos de empresas reconocidas de diversos rubros, exponen sus apreciaciones respecto a la medición del desempeño, sus dificultades y perspectivas. Se solicita a los grupos que lean el artículo, identifiquen y señalen al menos una idea del texto que crean que complementa lo conversado en clase. Se pide a los estudiantes que compartan sus apreciaciones frente al resto de la clase y se abre un foro en la Plataforma Digital, de participación optativa, para plasmar dichas apreciaciones.

Por último, con un fin de carácter metacognitivo, y con el objetivo de recibir una retroalimentación respecto de las apreciaciones de los estudiantes acerca de la dinámica de la clase, se envía una encuesta de satisfacción anónima y voluntaria, mediante un formulario de Google Forms (Ver Anexo II)

Los resultados se analizan de forma cuali-cuantitativa, a partir del análisis de los siguientes indicadores:

- Nivel de participación en clase, nivel de dispersión de los grupos y deserción temprana durante en desarrollo de la clase.
- Resultados obtenidos en exámenes parciales: Rendimiento académico en la consigna acerca del contenido *Evaluación de Desempeño*.
- Resultados de la encuesta de satisfacción.
- Percepción de los estudiantes de la cohorte 2018, relevada en el examen integrador de la asignatura.

3. RESULTADOS

La clase sobre *Evaluación de desempeño* se desarrolló conforme el calendario, los días 11 y 13 de septiembre de 2018, para las comisiones C10 y C11, respectivamente. Se observó al inicio de la actividad, que los estudiantes se sentían desorientados y que no entendían exactamente cómo podían operar sobre el objeto de estudio y responder a las consignas sin recibir previamente una explicación teórica completa. Luego con intervenciones oportunas de los docentes, fueron entendiendo cómo atender a lo que la actividad demandaba.

En líneas generales, se evidenció un alto grado de implicación con la actividad: sobre un total de 10 grupos de la C10, sólo se observaron 2 grupos que mostraron bajo interés durante la mayor parte de la clase. En cambio, en la C11 se observó una participación equitativa entre grupos.

En cuanto a la permanencia en clase, de un total de 64 estudiantes presentes en la C10, aproximadamente 20 abandonaron el aula antes de finalizar el horario, entre los que encontraban los integrantes de los grupos con baja participación. En la C11, en cambio, no se registraron retiros anticipados del aula.

El cierre de la clase en la C10 fue muy satisfactorio, con aportes muy interesantes por parte de los estudiantes, denotando un proceso rico de discusión grupal previa. En cambio el jueves, no se llegó con el tiempo y tuvo que abrirse un foro para la C11, en el que no se consiguió la participación de ningún grupo. Sin embargo, se destaca que la riqueza y profundidad de los intercambios fue muy superior en la comisión del jueves que en la del martes, lo que, paralelamente, atentó contra el manejo de los tiempos durante el desarrollo de la clase.

En líneas generales, se observó en ambas comisiones, un alto nivel de participación por parte de los estudiantes, mucho mayor respecto de las clases anteriores del cuatrimestre. Asimismo, se observó un alto grado de integración con los temas abordados en clases anteriores (Filosofía, cultura y estructura organizacional, administración de los recursos humanos)

En cuanto a los resultados de la encuesta, se obtuvo una retroalimentación muy positiva, que da cuenta que si bien no les resultó familiar, los estudiantes recibieron muy bien la metodología aplicada:

- En la C10, de un total de 31 encuestados (sobre 64 alumnos presentes en la clase), el 74,2% dijo haberse sentido “Cómodo” o “Medianamente cómodo” y el 25,8% manifestó no haberse sentido “Ni cómodo ni incómodo”. El 74,2% consideró la actividad como “Innovadora” o “Medianamente Innovadora”, mientras que un 22,6% la consideró “Ni innovadora ni tradicional”. El 80,7% opinó que la metodología empleada contribuyó, en una escala del 1 al 10, con 8 o más puntos al entendimiento del tema. Consultados acerca de la posibilidad de replicar la metodología en otras clases de la asignatura, el 71,5% respondió que “Le gustaría”, y un 25,8% opinó que “Le daría igual”.
- En la C11, de un total de 40 encuestados (sobre 57 alumnos presentes en la clase), el 95% dijo haberse sentido “Cómodo” o “Medianamente cómodo” durante la actividad. El 93% consideró la actividad como “Innovadora” o “Medianamente Innovadora”. El 85% opinó que la metodología empleada contribuyó, en una escala de 1 al 10, con 8 o más puntos al entendimiento del tema. Consultados acerca de la posibilidad de replicar la metodología en otras clases de la asignatura, el 87,5% respondió que “Le gustaría”, y un 10% opinó que “Le daría igual”.

Si bien en la C11 no se tuvo un manejo eficiente del tiempo, se obtuvieron mejores resultados, tanto en el nivel de respuesta a la encuesta voluntaria (71% en la C11 versus 48% en la C10) como en la valoración de la clase en sí, lo que puede deberse a pequeñas mejoras introducidas del martes al jueves en la dinámica de la clase.

Para complementar el análisis anterior, se realizaron consultas a los estudiantes que tuvieron mejor desempeño en la asignatura y que por ende, accedieron al examen integrador. Consultados acerca de la clase, utilizaron los siguientes descriptores: “entretenida”, “llevadera”, “práctica”, “aplicada” y más de la mitad de los estudiantes manifestaron que sería interesante replicar la metodología en otras clases de la asignatura y otras asignaturas de la carrera.

En cuanto al rendimiento académico en exámenes parciales, específicamente en la consigna correspondiente al contenido *Evaluación de desempeño*, se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

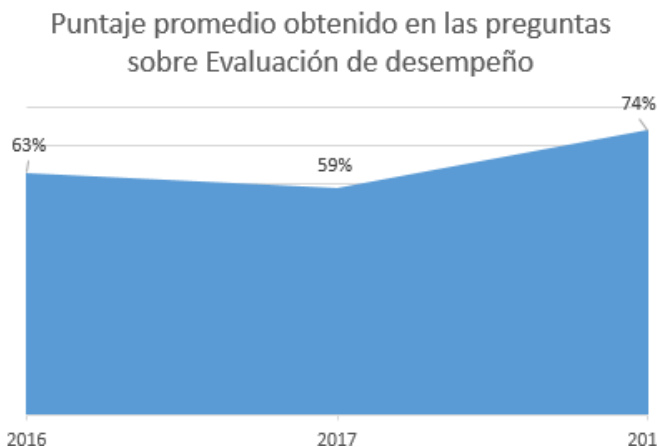


Figura 3 Resultados de 1er parcial de estudiantes de las cohortes 2016, 2017 y 2018

Si bien los resultados cuantitativos denotan una mejora en el rendimiento de más de diez puntos porcentuales respecto a 2016 y 15 puntos porcentuales respecto a 2017, se advierte que a fin de obtener resultados plenamente comparables, es necesario garantizar homogeneidad en la dificultad en las preguntas año a año y sostener el mismo docente corrector, cuestión que se tendrá en cuenta para futuras investigaciones. Asimismo, la singularidad y variabilidad de las cohortes año a año hace de estos resultados indicadores parciales de la efectividad de la estrategia implementada.

4. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el presente trabajo ha dado cumplimiento tanto al objetivo general como a los objetivos específicos planteados. La propuesta de implementar la Metodología de Indagación tiene como principales fortalezas el ser de fácil ejecución y el emplear recursos limitados, sin embargo tiene algunas debilidades que es preciso mencionar: el tiempo que insume la actividad central es fuertemente dependiente del grado de participación de los estudiantes, lo que exige una delicada modulación por parte del docente a cargo y asimismo, conlleva una labor de preparación previa a la clase por parte del

docente, muy superior a una metodología de enseñanza tradicional de índole expositivo.

A partir de los resultados obtenidos de la implementación de la Metodología de Indagación, para el desarrollo del contenido *Evaluación de desempeño*, para la cohorte 2018 de Organización Industrial I, se observa una muy buena recepción de los estudiantes de la estrategia de aprendizaje centrado en el estudiante implementada. Asimismo, se observa una mejora considerable en el rendimiento en las instancias parciales.

Resulta posible afirmar que la transposición didáctica no sólo ha mejorado, sino que además, ha permitido al equipo docente explorar nuevas metodologías de enseñanza con foco en el público particular que transita por la asignatura.

Los resultados de las encuestas de satisfacción y los comentarios recogidos en las instancias integradoras invitan a este equipo docente, a seguir explorando nuevas estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante, en el marco de los lineamientos de CONFEDI y de los nuevos estándares de acreditación para las carreras de ingeniería.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Casco, M. (2008). *Afiliación intelectual y prácticas comunicativas de los ingresantes a la universidad*. Co-herencia. 6 (11) 233-260.
- [2] Plan de estudios de Ingeniería Industrial. Unlu.edu.ar. Recuperado de <http://www.unlu.edu.ar/carg-industrial.html>. Fecha de consulta: 28/02/2018
- [3] Parra Pineda, D. M. *Manual de estrategias de enseñanza/aprendizaje*. SENA –ATIOQUIA. Disponible [en línea] en: <http://www.cepefsena.org/documentos/METODOLOGIAS%20ACTIVAS.pdf>. Fecha de consulta: 28/02/2018
- [4] CONFEDI (2018) *Propuesta de Estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina: Libro Rojo de CONFEDI*. 1ra edición. Universidad FASTA Ediciones.
- [5] CONFEDI-ACOFI. *Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: Experiencias en América Latina*. Colombia. Edición N°1. Opciones Gráficas Editores. Colombia.
- [6] CONFEDI (2018) *Programa de capacitación docente para el desarrollo de un aprendizaje centrado en el estudiante de ingeniería*. Mar del Plata.
- [7] (autor desconocido) (16 de mayo de 2011) "El difícil arte de medir el desempeño". El Cronista [en línea] Disponible en: <https://www.cronista.com/management/El-dificil-arte-de-medir-el-desempeno-20110516-0019.html>. Fecha de consulta: 27 de agosto de 2018.
- [8] Wiggins y J. McTighe (2005) *Understanding By Design*. 2nd Expanded edition. ASCD.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer:

- A la Ing. Anabella Karina Gei, quién desde la función de Profesora Responsable de la asignatura, ha permitido que el equipo de auxiliares docentes trabaje sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, proponiendo metodologías novedosas acordes a las temáticas y la problemática evidenciada en cada caso, apostando a la formación en docencia e investigación de todos docentes de la asignatura.
- A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, quiénes han realizado sus críticas y aportes constructivos a los fines de mejorar el proceso de enseñanza.
- Al Departamento de Tecnología de la UNLu, al cual pertenecemos, por brindar herramientas y posibilidades para que docentes inexpertos, inicien sus primeros pasos en el camino de la investigación.

ANEXOS

Anexo I: Planilla de consignas

Instrucciones: El grupo ha recibido un formulario REAL para la medición del desempeño, empleado actualmente en la industria. A continuación se presentan una serie de consignas. Respondan a ellas en forma escrita, para luego poder compartir sus apreciaciones con el resto de la clase.

- 1) Lean con detenimiento el formulario entregado.
- 2) Intenten describir el formulario, identificando las partes que lo conforman. ¿Qué se evalúa en cada parte?, ¿qué escala/s se utiliza/n para puntuar?
- 3) ¿Cómo se imaginan que se implementa este formulario? Para responder, tome como referencia las siguientes preguntas orientadoras:
 - a. ¿Quién debe completar el formulario?
 - b. ¿Cómo deben ser los evaluadores? Describan sus características
 - c. ¿A partir de qué elementos o información construye el evaluador sus respuestas? Es decir, ¿Qué trabajo previo debe realizar el evaluador, antes de completar el formulario?
- 4) ¿Qué conclusión se puede sacar una vez completo el formulario? ¿Qué acciones imaginan que pueden derivarse de esa conclusión?
- 5) ¿Cómo imaginan que se comunican los resultados de la evaluación? ¿Cuándo? ¿A quién? ¿En dónde?
- 6) ¿Qué objetivos piensan que persigue medir el desempeño a través de este formulario?
- 7) ¿Consideran que a través de este formulario, se puede tener una evaluación objetiva del desempeño del colaborador?

Anexo II: Encuesta de Satisfacción

Usted habrá notado que la clase del tema *Evaluación de desempeño* se estructuró de un modo diferente al respecto de otras clases de la asignatura. Lo invitamos a responder una breve encuesta que nos permitirá evaluar sus apreciaciones. Solo deberán responder, aquellos estudiantes que hayan participado de la clase COMPLETA.

*Obligatorio

1. Indique su género: *
 - Femenino
 - Masculino Otro
2. Indique su edad: *
 - 18
 - 19
 - 20
 - 21
 - 22
 - 23
 - 24
 - 25
 - 26
 - 27
 - 28
 - 29
 - 30
 - 31
 - 32
 - 33
 - 34
 - 35 o más
3. Trabaja o ha trabajado alguna vez? *
 - SI
 - NO
4. Durante la clase de evaluación de desempeño me sentí.... *
 - Muy cómodo
 - Medianamente cómodo Ni cómodo ni incómodo Medianamente incómodo Muy incómodo
5. Pienso que la propuesta fue... *
 - Muy innovadora
 - Relativamente innovadora Ni innovadora ni tradicional Relativamente tradicional Muy tradicional
6. Pienso que la clase fue... *
 - Muy dinámica
 - Medianamente dinámica Ni dinámica ni aburrida

Medianamente aburrida Muy aburrida

7. Del 1 al 10, cuánto siento que contribuyó la propuesta al entendimiento del tema "Evaluación de desempeño"? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Del 1 al 10, cómo calificarías, en general, la propuesta de la clase? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Te gustaría que replicáramos la propuesta en otras clases de la asignatura? * SI

NO

Me da igual

Modelo de formación por competencias: análisis de un proceso de transición en docentes de ingeniería

Artigas, María Velia*; Onaine, Adolfo Eduardo; Santille, Luciana Soledad

Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302, 7600, Mar del Plata. mvartigos@hotmail.com

RESUMEN.

A partir de la publicación del Libro Rojo por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) que implica el establecimiento de nuevos estándares, para la acreditación de las carreras de Ingeniería, se insta a un cambio en su formación de grado. El cambio plantea un nuevo modelo pedagógico de enseñanza-aprendizaje centrado en el estudiante y basado en competencias.

Se trata de un estudio cualitativo circunscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMdP) que utiliza entrevistas semi-estructuradas.

Con esta contribución se pretende evidenciar las percepciones y modos de pensar de un grupo de docentes que integran la unidad académica, respecto al proceso de transición de un modelo a otro. Por otra parte, se indaga a la muestra en estudio sobre el impacto de su propia vivencia derivada de esta etapa inicial del proceso de cambio.

En suma, con este trabajo se busca poder comprender el estado actual de la transición que atraviesa la organización y en el futuro poder compararlo en términos formales con acciones concretas, como el diseño curricular, y con las prácticas docentes.

Palabras Claves: competencias, modelo de enseñanza-aprendizaje, impacto, ingenierías.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

Starting from the publication of the Red Book by the Federal Council of Deans of Engineering Faculties (CONFEDI) that implies the establishment of new standards, for the accreditation of Engineering careers, a change in their degree training is urged. The change raises a new teaching- learning pedagogical model focused on students and based on competencies.

This is a qualitative study circumscribed to the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata (FI-UNMdP) that uses semi-structured interviews.

This contribution is intended to demonstrate the perceptions and ways of thinking of a group of teachers that make up the academic unit, regarding the process of transition from one model to another. On the other hand, the sample under study is investigated about the impact of their own experience derived from this initial stage of the change process.

In summary, this work seeks to understand the current state of the transition that the organization is going through and in the future to be able to compare it in formal terms with concrete actions, such as curricular design, and with teaching practices.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en un proyecto de investigación mayor cuyo objetivo es: conocer, describir y explicar los procesos intervinientes en la transición de un modelo de enseñanza- aprendizaje tradicional a un modelo por competencias centrado en el estudiante en la FI-UNMDP, proceso que se ha formalizado institucionalmente a partir de la publicación del Libro Rojo del CONFEDI.

Para el desarrollo de esta publicación se plantea un estudio cualitativo circunscrito en la FI- UNMDP que utiliza entrevistas semi-estructuradas, las cuales son realizadas a un grupo de docentes de la institución en cuestión.

El objetivo es evidenciar percepciones y modos de pensar de un grupo de docentes que integran la unidad académica, respecto al proceso de transición de un modelo a otro. Por otra parte, se indaga a la muestra en estudio sobre el impacto de su propia vivencia derivada de esta etapa inicial del proceso de cambio.

Además, para contribuir al objetivo de este trabajo se ha trabajado en una primera etapa que implica relevar el estado del arte respecto a la formación por competencias.

Con este trabajo se busca poder comprender el estado actual de la transición que atraviesa la organización y en el futuro poder compararlo en términos formales con acciones concretas, como el diseño curricular, y con las prácticas docentes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Formación por competencias

Existen diversas definiciones del término competencias desde distintos enfoques. El CONFEDI [1] expone que: *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.*

Otros autores a través del tiempo han formulado las siguientes definiciones:

Klemp/Aguilar Joyas (1980) en Roegiers [2]: *Considerar las competencias como características del individuo relacionadas con el desempeño superior.*

De Ketele (1996) en Roegiers [2]: *Conjunto ordenado de capacidades (actividades) que son ejercidas sobre contenidos en una categoría dada de situaciones para resolver problemas que se presentan.*

Perrenoud (2002) [3]: *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) [4]: *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.*

Roegiers (2007) [2]: *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) [5]: *Son procesos complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad.*

En resumen, 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 [6].

Kowalski, Erck y Henríquez [7] 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 atrapados 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.

La formación por competencias implica que el aprendizaje debe ser centrado en el estudiante (ACE) y que 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 [8].

2.2. Formación por competencias en carreras de ingeniería de Argentina

Desde sus comienzos en el año 1613, la educación universitaria argentina, ha recorrido un largo camino de continua evolución. Actualmente, y siguiendo con este recorrido, algunas carreras se encuentran rediseñando sus planes de estudio basándose en la formación por competencias. Entre las carreras que están atravesando este proceso se incluyen las carreras de ingeniería.

Entre los primeros precedentes sobre la formación por competencias en las carreras de ingeniería se

encuentra el llamado Libro Celeste (2005) que planteaba la Formación por Competencias como un objetivo para la formación de ingenieros. Muchas de las ideas y conceptos que se plasmaron en dicho documento 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 [9].

En 2018, en la 63ª Reunión y Asamblea Plenaria del CONFEDI, realizada en la ciudad de Rosario se aprobó el documento “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”, conocido como el Libro Rojo. 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. 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].

Al año 2019, se espera que los Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina se conviertan en resolución ministerial [11].

La FI-UNMDP se ha mantenido activa en esta transición. A través de su representante en CONFEDI, asistiendo a capacitaciones y diseñando un plan de acción que incluye la capacitación interna y la reelaboración por parte de cada terminal de ingeniería de los planes de estudio basado en formación por competencias.

En la FI-UNMDP se está trabajando en la adecuación de todos los planes de estudio de sus carreras de grado. Las mismas son: Ingeniería Eléctrica; Ingeniería Electromecánica; Ingeniería Electrónica; Ingeniería en Alimentos; Ingeniería en Materiales; Ingeniería Industrial; Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química [11].

3. METODOLOGÍA

Como ya se mencionó, el presente trabajo se enmarca en un proyecto de investigación mayor cuyo objetivo es: conocer, describir y explicar los procesos intervinientes en la transición de un modelo de enseñanza-aprendizaje tradicional a un modelo por competencias centrado en el estudiante en la FI-UNMDP. Para contribuir a este objetivo se ha trabajado en una primera etapa en relevar el estado del arte del tema y la construcción de un marco teórico referencial. En lo específico, se indaga el grado de impacto y de aceptación al cambio de docentes de diferentes departamentos de la Unidad Académica en la etapa inicial de dicho proceso de transición a un modelo de formación por competencias.

Para tal fin se utilizan entrevistas semi-estructuradas como una metodología de recolección de datos de carácter cuantitativa de acuerdo a Glaser & Strauss (1999) en [12]. Las mismas se nutren de informantes clave que posibiliten profundizar ciertos aspectos investigados. A través de esta herramienta, en este estadio exploratorio, se indagan las percepciones, los usos y prácticas sociales que los participantes del estudio atribuyen al proceso de cambio y transformación al nuevo modelo. Como elemento facilitador, se diseña un cuestionario con preguntas guía abiertas. Con el material resultante de las entrevistas se realiza un análisis cualitativo por categorías. Cabe aclarar que se toman todas las producciones de entrevistas como un texto único. Entonces, el análisis del texto representa un doble aporte: por una parte se centra en la comprensión del contexto psico-social para profundizar cómo describen y comprenden esta transición y cómo les impacta en su vida laboral cotidiana. Por otra parte, esta fase empírica significa la posibilidad de proveer de nuevos factores o espacios de variables a las dimensiones de la exploración cuantitativa.

Las entrevistas semi-estructuradas con preguntas guía constituyen el instrumento de recolección de datos. En el caso de la muestra se trata de integrantes del cuerpo docente de la FI-UNMDP perteneciente a diferentes departamentos.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Las preguntas guía establecidas para las entrevistas corresponden a:

¿Estás en conocimiento de que se está iniciando un proceso de actualización de los planes de estudio de nuestra Facultad?

¿Sabías que esa actualización responde a la reformulación en base a un modelo de enseñanza por competencias centrado en el estudiante?

¿Leíste sobre los nuevos estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería establecidas por el Ministerio de Educación?

¿Sabías que durante el año 2018 la Facultad realizó una capacitación para la formación de formadores?

¿Participaste de alguna capacitación? (particular, como referente, departamento)

¿Cómo te ves frente a este desafío de cambio?

¿Cuánto se aleja tu práctica docente en relación a este modelo?

¿Consideras que realizas prácticas docentes que se encuadran con el nuevo modelo? ¿Cuáles se

orientan a las competencias genéricas y cuáles a las específicas de la terminal?
¿Estás participando activamente en la reformulación de los planes de estudio?
¿Qué opinas sobre este cambio de modelo educativo?

Con respecto al proceso de actualización de los planes de estudio los entrevistados expresaron que están en conocimiento. Algunos se informaron a través de la convocatoria institucional y la minoría mediante su participación ante el requerimiento de su respectiva red para proponer tanto las actividades reservadas del título como los descriptores específicos de competencias de la terminal. A partir de esta pregunta surgieron reflexiones como: "me interesó bastante porque siempre tuve un pensamiento crítico (...) de la otra forma de enseñanza, la tradicional".

Al seguir profundizando en su grado de conocimiento, cuando se consultó si sabía que se trataba de un modelo por competencias centrado en el estudiante respondieron afirmativamente en su totalidad. Sin embargo, se evidencia que las respuestas se enfocan en tres categorías. La primera en cuanto a su participación institucional, la segunda en la formación como docentes y la tercera en la necesidad de que el profesional adquiera competencias transversales demandadas por el sector productivo. Se destacan de sus dichos: "Se trata de mejorar las capacidades blandas que como ingenieros no hemos recibido (...) y que valora el sector productivo"; "En las reuniones de la red se discutía el modelo centrado en el estudiante y si era necesario o no ese cambio y su implementación"; y "Me interesa mucho poder capacitarme para estar a la altura de este nuevo paradigma".

En cuanto a si conoce el contenido de los nuevos estándares propuestos por el "Libro Rojo" del CONFEDI se vislumbra que todos tienen un conocimiento básico y centrado en su especialidad. Se podría pensar que este saber surge de la participación en las redes o comisiones internas a la FI-UNMDP, circunscribiendo a la propia carrera perdiendo la visión global de la formación del ingeniero en un entorno interdisciplinario.

Al indagar en los entrevistados acerca de si estaban informados sobre la capacitación interna a cargo de un especialista en competencias que fue planificada para el año 2018 por las autoridades de la Unidad Académica para referentes en los departamentos, en su totalidad manifestaron estar al tanto. Sin embargo, solamente un tercio de la muestra asistió; algunos de los no convocados manifestaron que les hubiera gustado estar presentes; y a otros les hubiera gustado saberlo por vías departamentales. De aquellos que asistieron algunos indican que lo han replicado dentro del propio departamento.

Al consultar sobre su participación en alguna capacitación en forma particular, o propia del departamento, se nota una mayor dispersión. Indican participación en charlas, capacitaciones a partir de los referentes del departamento y reuniones de la red disciplinar. De los que no han participado en ninguna actividad uno indica conocer experiencias realizadas en otras universidades.

En definitiva, más allá de esta capacitación institucional, sólo una minoría de los docentes ha concurrido a otras capacitaciones.

Cuando se les pregunta cómo se ven frente a este desafío de cambio la mayoría expresa que está preparado y expectante a pesar que ello significa un cambio de pensar la manera de pensar y enseñar respecto al modelo vigente. Sin embargo, algunos piensan que se deberá dar un cambio generacional "porque se identifica una resistencia dado que requiere un mayor esfuerzo por parte del planta docente" o que "genera que nos replanteemos las prácticas docentes". Otros indican que: "es un desafío que debemos abordar sin duda alguna"; "no estoy segura de que los estudiantes estén preparados para este cambio y tener tanta autonomía"; y "me siento bien y estoy contento que se llegue a implementar y no quede en los papeles"

En referencia a cuánto se aleja su práctica docente en relación a este modelo la mayoría considera que algunos aspectos han sido incorporados implícitamente. Los comentarios más relevantes fueron: "no es un cambio del que estemos tan alejados, deberíamos hacer explícito lo que hacemos implícitamente"; "se vienen implementando hace varios años algunas herramientas de la formación por competencia"; "está muy relacionada, se invierte mucho tiempo en introducir capacidades blandas: desarrollo interpersonal, trabajo en equipo y comunicación"; "no estamos tan alejados, pero siento que depende del grupo de estudiantes también"; "lo ve más aplicable en asignaturas de los últimos años, donde el docente debe actuar como guía"; "siempre consideré al alumno como partícipe (...) y evalué el proceso más allá del resultado de la instancia de evaluación"; y "tendría que hacer muchos cambios. Vengo de la vieja escuela que representa un modelo diferente".

En la percepción de considerar que realiza prácticas docentes que se encuadran con el nuevo modelo y de ellas cuáles se orientan a las competencias genéricas y cuáles a las específicas de la terminal, también existe dispersión. Si bien la mayoría expresa que en cierta medida, algunos aportan a las genéricas y otros a las específicas, muy pocos a ambas. Expresan como acciones que se desarrollan: videos para presentar una idea o proyecto; problemas complejos relacionados a actividades profesionales y trabajos integradores o de campo realizados en grupo.

En referencia a su participación activa en la reformulación de los planes de estudio, más del 75% indica que participa, algunos a través de una comisión interna del departamento, otros por intermedio de los miembros de esa comisión.

Respecto es este cambio de modelo educativo las respuestas son dispares de acuerdo a la experiencia o punto de vista. Mientras que para algunos existe motivación y lo consideran "un desafío personal y colectivo" o "una oportunidad de mejora que hay que aprovechar" para otros es "difícil de implementar"

porque entienden que existe falta de compromiso de parte de los claustros docente y de estudiantes para el cambio que ello implica.

4. CONCLUSIONES

En función de las expresiones vertidas por los entrevistados se resume que respecto:

- al proceso de actualización de los planes de estudio están en conocimiento;
- a que el cambio implica la mutación a un modelo por competencias centrado en el estudiante respondieron afirmativamente en su totalidad.
- al conocimiento del contenido de los nuevos estándares propuestos por el “Libro Rojo” del CONFEDI se vislumbra que todos tienen un conocimiento básico y centrado en su especialidad.
- a si tenían información sobre la capacitación en la Unidad Académica para referentes en los departamentos, en su totalidad manifestaron estar al tanto.
- sobre su participación en alguna capacitación en forma particular, o propia del departamento, se nota una mayor dispersión. No han participado o indican participación en charlas, capacitaciones a partir de los referentes del departamento y reuniones de la red disciplinar. En definitiva, más allá de esta capacitación institucional, sólo una minoría de los docentes ha concurrido a otras capacitaciones.
- a cómo se ven frente a este desafío de cambio la mayoría expresa que está preparado y expectante a pesar que ello significa un cambio de pensar la manera de pensar y enseñar respecto al modelo vigente. Sin embargo, algunos piensan que se deberá dar un cambio generacional.
- a cuánto se aleja su práctica docente en relación a este modelo la mayoría considera que algunos aspectos han sido incorporados implícitamente.
- a considerar que realiza prácticas docentes que se encuadran con el nuevo modelo mayoría expresa que en cierta medida; y respecto a cuáles se orientan a las competencias genéricas y cuáles a las específicas de la terminal, existe dispersión, algunos aportan a las genéricas y otros a las específicas, muy pocos a ambas.
- a su participación activa en la reformulación de los planes de estudio, más del 75% indica que participa.
- a este cambio de modelo educativo las respuestas son dispares de acuerdo a la experiencia o punto de vista. Se plantea la falta de compromiso de parte de los claustros docente y de estudiantes que debería subsanarse mediante un proceso gradual de capacitaciones a ambos claustros.

Las conclusiones que podemos extraer se consideran preliminares ya que se continúa con las entrevistas. Sin embargo los resultados aquí vertidos, generados a partir de las realizadas a docentes con dedicaciones parciales y exclusivas, nos da una guía de las acciones que deben ser encauzadas para lograr exitosamente la transición a un modelo por competencias centrado en el estudiante. No se discute la necesidad de migrar a ese modelo y la mayoría expresa que está preparado y expectante y que en alguna medida implementa acciones afines. No obstante, se considera necesario un cambio generacional, principalmente en el claustro docente, para consolidar este cambio en la enseñanza de la ingeniería. Para alcanzar transitar ese camino se requiere un proceso gradual de capacitaciones a ambos claustros: docente y de estudiantes.

4. REFERENCIAS.

- [1] CONFEDI (2006). Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Documento emanado del 40º plenario de decanos realizado en octubre de 2006 en la ciudad de Bahía Blanca.
- [2] 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).
- [3] Perrenoud, P. (2002). Construir Competencias desde la Escuela. Santiago de Chile. Dolmen Ediciones.
- [4] Documento: Proyecto Tuning, Bologna 2006. Recuperado de: http://www.unideusto.org/tuningeu/images/stories/documents/General_Brochure_Spanish_version.pdf
- [5] Tobón, S., Pimienta Prieto, J., García Fraile, J. (2010). Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México: Pearson Educación.
- [6] Artigas, M. V.; Onaine, A. E.; Santille, L. S.; (2018). Haciendo foco en la conceptualización de las competencias: análisis del impacto para las carreras de Ingeniería. COINI 2018.
- [7] 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.
- [8] Cukierman, Uriel. (2018). "Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería". Materiales para capacitación de CONFEDI.
- [9] Agulla, J. C. (1994). Diagnóstico de la universidad argentina. Universidad y Sistema Educativo. Buenos Aires. CINAIE.
- [10] CONFEDI. (2018). "Propuesta de estándares de segunda generación - Libro Rojo". Página web del CONFEDI. Disponible en: <https://confedi.org.ar/librorojo/>
- [11] Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (2011). Historia institucional. Documento Institucional preparado con motivo de los 45 años de existencia. Disponible en Decanato de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.
- [12] Vasilachis de Gialdino, I. (2007). "Estrategias de Investigación Cualitativa". Buenos Aires: Gedisa S.A.

Aprendizaje activo sobre Manufactura Esbelta en las aulas universitarias a través de un Juego Serio

Chiodi, Franco ⁽¹⁾; Acosta, Esteban ⁽²⁾; Queiroz, José Antonio ⁽³⁾; Urrutia, Silvia⁽⁴⁾; Villalba, Luciano ⁽⁵⁾; Montevechi, José Arnaldo ⁽⁶⁾

(1,4,5) *Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

(2) *Instituto de Industria – Universidad Nacional de General Sarmiento*

(3,6) *Instituto de Ingeniería de Producción y Gestión – Universidad Federal de Itajubá (Brasil)*

(1) fchiodi@fio.unicen.edu.ar, (2) eacosta@campus.ungs.edu.ar;

(3) ja.queiroz@unifei.edu.br, (4) surrutia@fio.unicen.edu.ar,

(5) luciano.villalba@fio.unicen.edu.ar, (6) montevechi@unifei.edu.br

Resumen

La manufactura esbelta es una filosofía que se enfoca en la eliminación de desperdicios. Para ello se emplean una serie de conceptos y herramientas tales como 5S, Kanban, TAKT, TPM, SMED entre otros. Esta filosofía con sus conceptos asociados, se puede transmitir a través de métodos de aprendizaje activo basados en la integración interdisciplinaria, entre ellos se utilizan los serious games (SG). Los SG crean un ambiente de aprendizaje más interactivo, participativo, inductivo, reflexivo y exploratorio donde los participantes pueden aprender basados en su propia experiencia. En este trabajo, se propone implementar un SG para la enseñanza de la filosofía de la Manufactura Esbelta con el fin de poder evaluar resultados de aprendizaje. Para este estudio el SG elegido, fue “3L: Learning Lean with LEGO”, donde se simula una línea de producción que fabrica tres productos diferentes a través de dos etapas de ensamble utilizando tres operadores. El juego tiene cinco niveles con una duración total de tres horas. Puede ser aplicado en un grupo de aproximadamente veinte estudiantes con al menos un instructor que guíe el mismo. Las piezas Lego simulan materia prima, material en proceso y producto terminado. En esta oportunidad, fue aplicado a dos grupos de estudiantes pertenecientes a dos Universidades Nacionales (UNICEN y UNGS). El resultado de ambas experiencias fue evaluado y analizado a través de cuatro dimensiones denominadas Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción.

Palabras Claves: Manufactura Esbelta, Juego Serio, Aprendizaje Activo, Universidad.

Abstract

Lean manufacturing philosophy focus on waste elimination. So, concepts and tools such as 5S, Kanban, TAKT, TPM, SMED are used. This philosophy and its associated concepts could be transmitted through active learning methods based on interdisciplinary integration, and among them, the serious games (SG). The SG creates a learning environment more interactive, participative, inductive, reflective and exploratory, where participants could learn based on their own experience. In this paper, it is proposed the implementation of a SG for learning of lean manufacturing learning and the analysis of learning results. For this study, the SG chosen was “3L: Learning Lean with Lego”, where a production line that produces three different products in two assembly steps with two operators is simulated. The game has five levels and the total time is three hours. It can be applied in a group of 20 students and at least one instructor that lead the game. The Lego ® pieces simulate raw material, production in process and finished goods. In this case, the SG was implemented in two different groups, corresponding to two National Universities. The results of both experiences are evaluated and analyzed according to 4 dimensions called Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje activo es actualmente objeto de numerosas iniciativas de enseñanza. Dentro del amplio espectro de herramientas de aprendizaje activo, los serious games (SG) ó juegos serios se destacan por combinar este aprendizaje con el aspecto lúdico, aunque éste último queda relegado a un segundo plano [1].

La utilización de los juegos como herramienta de enseñanza conlleva innumerables beneficios para el aprendizaje, ya que logra una mayor participación de los estudiantes en la realización de este tipo de actividades [2]. Por otro lado, estos métodos logran desarrollar capacidades que van mucho más allá que las del conocimiento técnico que se busca transmitir, tales como la motivación, la aplicación de teorías y los estudios de casos dinámicos [3]. Los autores de [4], argumentan que el juego al componerse de elementos del día a día, permite la participación y despierta el interés del alumno, el cual se convierte así en un sujeto activo del proceso.

Los juegos serios son adecuados para distintos ámbitos de formación y, puntualmente en la educación, para todos los niveles educativos [5]. Asimismo, se destaca que en las universidades, los juegos tienen el potencial de auxiliar el desarrollo de aspectos que mejoran el aprendizaje técnico, como la visión sistémica, el tratamiento del sesgo cognitivo, el trabajo en equipo, el liderazgo, la dinámica de sistemas, la relación entre las áreas de la empresa, el espíritu crítico en las decisiones, entre otros [6].

En los llamados “juegos de empresas”, la simulación -que permite llevar al aula de manera simplificada los elementos del mundo real- debe permitir que en el ambiente lúdico controlado se reproduzca la problemática real de manera lo más ajustada posible [7]. En este tipo de juegos se realiza una secuencia de toma de decisiones mediante las que se busca el entrenamiento sistemático de uno o más equipos, los cuales trabajan sobre un modelo del problema real y para el cual los participantes asumen posiciones como si estuvieran realmente dentro de una empresa [3].

1.1. Manufactura esbelta y juegos serios

La manufactura esbelta (lean manufacturing en inglés) es una filosofía que se enfoca en la eliminación de desperdicios o, más generalmente, de todas aquellas actividades que no generan valor para los clientes o los usuarios y que, además, adicionan costos al producto en su etapa de producción o comercialización [8]. Para ello, es necesario activar y regular el funcionamiento del subsistema de producción en función de los pedidos de los clientes (sistema “pull”). Bajo este enfoque, se busca producir sólo lo que precisa el próximo proceso, al momento en que lo precisa. Esto implica que se produzcan lotes pequeños y que pueda haber una respuesta rápida a los cambios en la demanda, siendo así necesario que los tiempos de setup se reduzcan. Para esto, existen distintas herramientas y conceptos que forman parte de la filosofía de manufactura esbelta: 5S, Kanban, Takt Time, Total Productive Maintenance (TPM), Single Minute Exchange of die (SMED) entre otros.

Esta filosofía, con sus conceptos asociados, se puede transmitir a través de métodos de aprendizaje activo basados en la integración interdisciplinaria; entre ellos, se utilizan los juegos serios (SG). Los SG crean un ambiente de aprendizaje más interactivo, participativo, inductivo, reflexivo y exploratorio, donde los participantes pueden aprender sobre la base de su propia experiencia.

Por otro lado, como dijimos previamente, los SG permiten motivar a los participantes alrededor de una temática en particular. En el caso de la *manufactura esbelta*, que es, como dijimos, una filosofía, este aspecto resulta fundamental, ya que en el espacio de un juego solo pueden transmitirse algunos conceptos.

1.2. Evaluación de la eficacia de los juegos serios

El uso de juegos serios, en tanto herramienta de aprendizaje, requiere de métodos de evaluación de los objetivos que a través del mismo se plantean. En el caso de los aspectos motivacionales en la literatura se destaca el uso del modelo ARCS [9-11]. En éste modelo, el nivel de motivación de los estudiantes está relacionado con cuatro principios de instrucción: Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción y para poder medir estas variables, se desarrolló un cuestionario específico (el Instructional Materials Motivation Survey, IMMS), que consiste en 36 preguntas cuyas respuestas se corresponden a una escala de tipo Likert. Estas preguntas evalúan, en grupos establecidos, los cuatro componentes del modelo ARCS [9]. Bajo el marco conceptual y metodológico descrito previamente, en este trabajo, se propone implementar un SG para la enseñanza de la filosofía de la Manufactura Esbelta con el fin de poder evaluar resultados de aprendizaje, en dos grupos diferentes de participantes.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se divide en dos etapas. La primera consiste en la aplicación de un Juego Serio (Serious Game SG), enfocado en la enseñanza de algunos conceptos básicos de Manufactura esbelta. El juego se llama “Triple L” (Learning Lean with Lego) y será explicado en la sección 3 del presente documento [6], [11]. El SG fue implementado en dos grupos universitarios, uno de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y otro de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Los encuentros fueron realizados a comienzos del 2019 bajo la dirección del Dr. José A. De Queiroz involucrando unos 50 participantes.

La segunda etapa se ocupa de evaluar la eficacia del juego en los dos grupos de estudiantes, puntualmente la motivación lograda, por medio del modelo ARCS.

Cada participante del SG recibió, al final del mismo, el cuestionario IMMS (ver Anexo). Los ítems de este cuestionario fueron agrupados de acuerdo a los criterios de evaluación del modelo ARCS: Atención (A), Relevancia (R), Confianza (C) y Satisfacción (S). Las respuestas se puntuaron siguiendo una escala de Likert, de 1 a 5 (1- completamente en desacuerdo, 5- completamente de acuerdo) [11]. En los dos grupos, para cada criterio, el máximo puntaje total disponible está dado por la multiplicación de la cantidad de preguntas que componen el criterio y el valor 5, mientras que el mínimo puntaje posible se logra multiplicando por 1.

Luego, para cada criterio y grupo de implementación (G_{UNGS} y G_{UNICEN}) del SG, se obtiene un promedio de acuerdo a la Ecuación 1:

$$(1) \quad p_{G_x, y} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{G_x}} \sum_{j=1}^{n_y} S_{ij}}{m_{G_x}}$$

Donde,

G_x = grupo de estudiantes (G₁, G₂); y = criterio ARCS (A,R,C,S);

p_{G_x,y} = promedio del grupo G_x para el criterio y; m_{G_x} = número de participantes en el grupo x; n_y = número de ítems en el criterio y;

S_{ij} = puntuación del estudiante i del grupo G_x para la pregunta j del criterio y

Seguindo a [11], a continuación se normalizaron los valores promedio obtenidos, generando un parámetro motivacional (MP), según la Ecuación 2:

$$MP_{G_x, y} = \frac{p_{G_x, y} - \min_y}{\max_y - \min_y} \quad (2)$$

Donde,

min_y = mínima suma de puntuaciones que un participante puede hacer para el criterio y (el peor escenario, en el cual elige todos 1 para los ítems del criterio y);

max_y = máxima suma de puntuaciones posible para el criterio y (el mejor escenario, donde el participante da 5 a todos los ítems del grupo del criterio y)

La Figura 1 esquematiza cómo funciona la normalización.

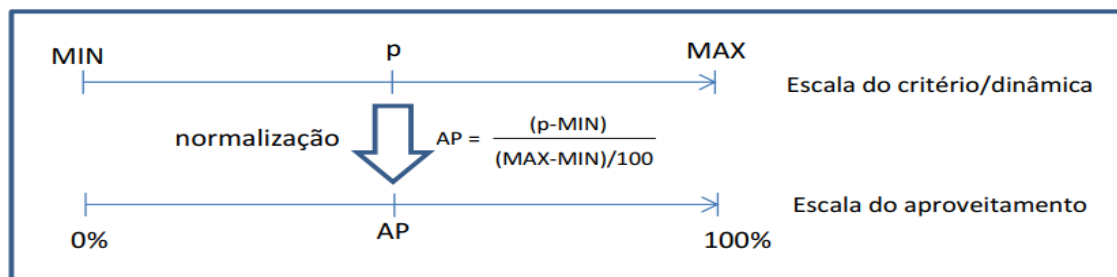


Figura 1. Proceso de normalización. Fuente: [12]

3. DESARROLLO Y RESULTADOS

Tal como se propone en el apartado metodológico, este trabajo se aborda en dos etapas, una de implementación del juego serio en dos grupos universitarios diferentes, y la segunda involucra el análisis de resultados motivacionales en los respectivos grupos de trabajo, como se describe a continuación.

3.1. Aplicación del SG

El juego 3L fue diseñado para una duración total de tres horas y puede ser aplicado en grupos de 20 estudiantes. Se necesita formar equipos de 3 a 5 estudiantes. Las piezas LEGO® son utilizadas para simular materia prima, producto en proceso y producto terminado. El juego debe ser guiado por uno o más profesores, en un rol de facilitador.

En cada equipo, los estudiantes deben cumplir los siguientes roles: operador A, operador B, y Almacén de Producto Terminado, donde estas tres estaciones forman una línea de ensamble, más un controller y un gerente.

Los equipos deben ensamblar tres productos diferentes, de la misma forma pero distinto color. Cada

producto tiene dos etapas de ensamble: el operador A inicia el montaje, mientras que el operador B lo finaliza. Cuando el producto está completo, es enviado al Almacén de productos terminados, para que luego pueda ser despachado en camiones. El juego se desarrolla en cuatro etapas o niveles, con una duración de 4 minutos cada una. Al finalizar cada una de ellas, el controller debe completar una planilla de costos de inventarios, y determinar ganancia o pérdida por la venta de productos. A continuación, describimos sintéticamente cada fase.

Nivel 1 (N1):

Cada equipo debe embarcar 30 productos (10 de cada color) en 6 camiones, en un plazo de 4 minutos. Para la producción, los operadores A y B reciben la secuencia de fabricación, diferentes entre sí. Además, el operador B debe realizar una operación de setup cada vez que cambia de color de lote. Ambos operadores reciben piezas en cantidad y colores que exceden los necesarios. Durante la ejecución, los operadores pierden excesivo tiempo buscando las piezas necesarias para el ensamble. Adicionalmente, el operador B es interrumpido por 20 segundos simulando una falla en un equipo. Las secuencias de producción no están alineadas, lo que provoca baja cantidad de productos embarcados en los camiones, y mucho producto en proceso. Para finalizar este nivel del juego, se registran los datos y se calculan los resultados financieros. A partir de allí, se dispara una discusión en el equipo para buscar soluciones a los problemas planteados. Así, se presentan los conceptos de 5S y Total Productive Maintenance (TPM), en el marco de la Manufactura Esbelta.

Nivel 2 (N2):

Se inicia el segundo nivel de juego, donde los operadores A y B reciben solo las piezas necesarias para sus lotes de producción (5S implementado), y el operador B no sufre interrupciones, ya que se implementó TPM. La secuencia de producción se mantiene como en N1. Luego de la implementación de 5S y TPM, los operadores aumentan su producción, aunque también se observa un incremento en la producción en proceso y en los productos terminados que no son embarcados. Se observa el impacto de 5S y TPM, pero existe todavía una desalineación entre demanda y producción. Al estimar los resultados financieros, se observa que siguen dando pérdidas económicas. A partir del debate en los grupos, se identifican un conjunto de problemas. Allí el profesor introduce los conceptos de Kanban y sistemas Pull.

Nivel 3 (N3):

En este nivel, se emplea una nueva secuencia de ensamble. Se incorpora una hoja de kanban visual, y el equipo debe decidir si lo incorpora en la operación A ó B. Se espera los equipos tomen decisiones distintas, que permitan luego comparar esas situaciones. Allí, el profesor explica y fundamenta la mejor opción según los principios del lean manufacturing. Aquellos que eligieron ubicar el kanban en la operación B logran mejores resultados que los que lo ubican en la opción A. Ello es así porque el sistema de programación "pull" ocurre en el sector de despacho, donde se alinea la producción de B con la demanda del mercado. Sin embargo, todavía queda bastante inventario en proceso pero se observa que los resultados financieros comienzan a mejorar. Al finalizar el nivel, se explican las características de los sistemas push y pull. Adicionalmente se presenta el concepto de SMED y el impacto negativo que posee el setup en la línea productiva.

Nivel 4 (N4):

Se implementan cambios: se usa el kanban visual en las operaciones A y B, convirtiendo el sistema en totalmente pull. Además, se reemplaza la actividad de setup por otra mucho más rápida (a través de la aplicación de SMED). Con los cambios implementados, los equipos logran despachar las 30 unidades en menos de 4 minutos. Ese resultado se logra con el sistema totalmente pull y alineado con la demanda del cliente. El resultado financiero es el mejor logrado hasta el momento, debido a la venta de la totalidad del pedido del cliente, y la baja de los inventarios en proceso.

3.2. Implementaciones del SG

Como ya hemos señalado, esta experiencia de aprendizaje basado en juegos ha sido realizado en dos ámbitos universitarios diferentes: en la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) por un lado, y en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) por otro. En el primer caso, el juego es implementado en el Laboratorio de Ingeniería del Instituto de Industria de UNGS, en la localidad de Los Polvorines. Este laboratorio posee una sala de usos múltiples con mesas, que permiten el trabajo de hasta 8 estudiantes en cada una. Asistieron al taller 33 estudiantes de ingeniería industrial, administración de empresas y economía industrial, con escaso o nulo contacto con la filosofía Lean. Esta experiencia se observa en la Figura 2.



Figura 2. Implementación del SG "3L" en UNGS

En el segundo caso, el SG 3L es realizado en el Centro de Desarrollo Emprendedor e Innovación de la Facultad de Ingeniería de UNICEN, en la ciudad de Olavarría. El Centro cuenta con espacio físico adecuado para llevar adelante las actividades lúdicas que propone el juego (mesas amplias de trabajo). Los asistentes al taller son estudiantes avanzados, graduados y profesores de la carrera de Ingeniería Industrial, donde varios de ellos ya poseen conocimientos de Manufactura Esbelta. La cantidad de asistentes es de 17 personas en total. En la Figura 3, se observan registros de la experiencia lúdica en esta universidad.



Figura 3. Implementación del SG "3L" en UNICEN

En ambas prácticas, el juego es guiado por el profesor Dr. Ing. José Queiroz, del Instituto de Ingeniería de Producción y Gestión (IEPG) de la Universidad Federal de Itajubá (UNIFEI) quien posee experiencia en el desarrollo de esta práctica.

3.3. Evaluación motivacional

En esta sección, presentamos los resultados de la encuesta IMMS del modelo motivacional ARCS, como se describe en la sección metodología. Se estiman los parámetros motivacionales en ambos grupos de trabajo, donde la tabla 1 refleja los datos e indicadores para la UNICEN, y la tabla 2 datos e indicadores para UNGS.

Tabla 1. Parámetros motivacionales de UNICEN por criterio

	Atención	Relevancia	Confianza	Satisfacción
n	12	9	9	6

Máx	60	45	45	30
Mín	12	9	9	6
Promedio	51,231	36,769	35,385	25,615
MPG(UNICEN),y	81,73%	77,14%	73,29%	81,73%

Tabla 2. Parámetros motivacionales de UNGS por criterio

	Atención	Relevancia	Confianza	Satisfacción
n	12	9	9	6
Máx	60	45	45	30
Mín	12	9	9	6
Promedio	49,818	37,242	34,455	24,515
MPG(UNGS),y	78,79%	78,45%	70,71%	77,15%

Analizando los resultados obtenidos, se desprende que ambos grupos muestran altos valores motivacionales (a partir del 70%). Estos resultados alcanzados se deben a las estrategias utilizadas por el docente durante el desarrollo del juego. Entre las estrategias más positivas pueden mencionarse: la participación activa, la retroalimentación objetiva y la relación del nuevo conocimiento con el presente y futuro de la carrera.

También se observa una sensible diferencia entre ambos grupos por dimensión (entre 2 a 4%), que podrían fundamentarse en que el grupo de estudiantes UNICEN poseía algunos conocimientos previos de Manufactura Esbelta, elemento que ayuda a un mejor aprovechamiento del SG.

Además, si comparamos estos resultados con los obtenidos por Leal F. et al [11] en la implementación del SG en cuatro grupos de estudiantes de una universidad de Brasil, es posible observar, sin embargo, que los valores obtenidos en el marco de este trabajo son considerablemente menores (en promedio, aproximadamente, un 10%). Esto puede deberse a diferencias culturales en la valuación de las escalas Likert [12].

4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

En este trabajo, presentamos la implementación de un Juego Serio para el aprendizaje de la manufactura esbelta en dos universidades argentinas en el contexto de una secuencia didáctica. Dicha secuencia contempló una actividad de apertura, una de desarrollo y una de cierre. La actividad de apertura, consistió en un diagnóstico de conceptos previos que sirvieron de puente para abordar los nuevos conceptos. La actividad de desarrollo, consideró exposiciones teóricas apoyadas con recursos audiovisuales y los diferentes niveles del juego serio "Triple L". Finalmente la actividad de cierre se basó en una evaluación, mediante el cuestionario IMMS/ARCS, para medir el impacto logrado en la motivación de los participantes. Los resultados obtenidos indican un impacto positivo e importante en la motivación de los participantes involucrados en el juego. Evidenciándose, de esta forma, el logro de los objetivos de aprendizaje respecto de la temática abordada "Manufactura Esbelta". Dicha temática es fundamental en la formación de los ingenieros industriales en pos de generar aportes para la competitividad y sustentabilidad de las empresas en la que se inserten en sus futuros ámbitos laborales.

Por tal motivo se considera esencial, que el abordaje de ésta filosofía se desarrolle a través de la aplicación de sus conceptos en situaciones simuladas cercanas a las reales a través de los juegos serios.

5. REFERENCIAS

- [1] Urquidi Martín, Ana Cristina; Tamarit Aznar, Carmen (2015). "Juegos serios como instrumento facilitador del aprendizaje: evidencia empírica". *Opción*, vol. 31, núm. 3, 2015, pp. 1201-1220. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- [2] Marín-González, Yeraldin; Montes-de la-Barrera, José Orlando; Hernández-Riaño, Helman Enrique; López-Pereira, Jorge Mario (2010). "Validación de la lúdica como herramienta metodológica complementaria en la enseñanza del método de producción tradicional y del método de producción de la teoría de restricciones (TOC) para el manejo de los entornos multitarea". *Ingeniería y Universidad*, vol. 14, núm. 1, enero-junio, 2010, pp. 97-115 Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.
- [3] Mury, A. (2002). "Simulando a cadeia de suprimento através de um jogo logístico: um processo

- de treinamento”. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.
- [4] Mauricio Capobianco Lopes, Francisco A. P. Fialho, Cristiano J. C. A. Cunha, Sofia Inés Niveiros (2013). “Business Games for Leadership Development: A Systematic Review”. *Simulation & Gaming*, Volume: 44 issue: 4, page(s): 523-543.
- [5] Michael, David & Chen, Sandra. (2006). “Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform”.
- [6] Pinho, A.; Leal, F.; Almeida, D. (2005). “Utilização de Bloquinhos de Montagem LEGO para o Ensino dos Conceitos do Sistema Toyota de Produção”. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS.
- [7] Ornellas, A. (2005). “Jogos de empresas: criando e implementando um modelo para a simulação de operações logísticas” Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, 2005.
- [8] Ohno, T. O. (1997). *Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto alegre: Bookman.
- [9] Keller, J. M. (1987). “Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design”. *Journal of instructional development*.
- [10]Huang, B., & Hew, K. F. T. (2016). “Measuring learners’ motivation level in massive open online courses”. *International Journal of Information and Education Technology*.
- [11]Leal, F., Martins, P. C., Torres, A. F., Queiroz, J. A., & Montevechi, J. A. B. (2017). “Learning lean with lego: developing and evaluating the efficacy of a serious game”. *Production*, 27(spe), e20162227. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.222716>.
- [12]Corrêa Molina C. E. (2015). “Desenvolvimento de um instrumento multidimensional para avaliação de práticas de ensino no processo de aprendizagem”. Tesis doctoral. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Anexo – Cuestionario IMMS, traducido al español.
 Copia aportada por investigadores del Núcleo de Estudios Avanzados para el Apoyo a la Decisión (NEAD)
 - Universidad Federal de Itajubá.

Nombre:

FECHA DE PARTICIPACIÓN:

Su nombre se utilizará sólo para la correlación estadística. No se publicará ningún resultado personal.

Instrucciones:

Usted tendrá 44 preguntas para las cuales deberá llenar con la alternativa que mejor describa su opinión.

1	2	3	4	5
En desacuerdo Totalmente	En desacuerdo	No estoy de acuerdo ni de desacuerdo	Estoy de acuerdo	Concuerdo totalmente

- | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| C01 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | La primera vez que escuché explicaciones sobre la dinámica tuve la impresión de que sería fácil para mí. |
| A01 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Al principio de la dinámica percibía algo interesante que atrapó mi atención. |
| C02 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Esta dinámica fue más difícil de entender de lo que me gustaría que fuera. |
| C03 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Después de recibir la información introductoria, me sentía confiada en lo que se suponía que aprendiera en esa dinámica. |
| I01 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Soy capaz de explicar mis ideas a los demás participantes cada vez que lo solicite. |
| S01 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Al final de esta dinámica me siento auto realizado (a). |
| R01 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Está claro para mí de qué forma el contenido de esta dinámica se relaciona con la teoría que he aprendido. |
| C04 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | El material utilizado en la dinámica dificultó la visualización y memorización de los puntos más importantes de la dinámica. |
| A02 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Los materiales utilizados en la dinámica son atractivos. |
| R02 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Yo ya inicié la dinámica sabiendo cuánto esta actividad podría ser importante para mí. |
| I02 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Los otros alumnos me animaron a participar activamente en la dinámica y valoraron o elogiaron mis contribuciones. |
| R03 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Completar esta dinámica con éxito fue importante para mí. |
| A03 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | La calidad del material utilizado ayudó a sostener mi atención. |
| A04 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Esta actividad es tan abstracta que fue difícil mantenerme atento (a). |
| C05 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Como he participado en la dinámica, confío en que puedo aprender el contenido. |
| I03 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Los colegas entienden bien mis argumentaciones cuando hay discusiones y toma de decisión en el equipo. |
| S02 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Me gustó tanto esta dinámica que me gustaría saber más sobre el tema abordado en ella. |
| A05 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | El material utilizado en la dinámica parecía muy simplificado y no era atrante. |
| R04 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | El contenido visto en la dinámica es relevante a mis intereses personales. |
| A06 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | La forma en que la información fue presentada ayudó a mantener mi atención. |
| R05 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | He tenido acceso a ejemplos y explicaciones sobre cómo los profesionales usan el conocimiento adquirido en esta dinámica. |
| I04 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Yo aprecio e incluso pido a los demás alumnos explicaciones sobre sus ideas. |
| C06 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Las actividades de esta dinámica eran muy difíciles. |



1	2	3	4	5
En desacuerdo Totalmente	En desacuerdo	No estoy de acuerdo ni de desacuerdo	Estoy de acuerdo	Conuerdo totalmente

- 1 2 3 4 5**
- A07 Esta dinámica estimuló mi curiosidad.
- S03 En realidad me gusta realizar esta dinámica.
- A08 El número de repeticiones en esta dinámica me causa tedio algunas veces.
- R06 El contenido y la práctica de esta dinámica me hicieron tener la impresión de que vale la pena conocer esta disciplina.
- I05 Comprendo bien las argumentaciones de los colegas cuando hay discusiones y toma de decisión en equipo.
- A09 He aprendido algunas cosas que han sido inesperadas o sorpresas.
- C07 Después de trabajar en esta dinámica, confío en que pueda ser aprobado en una prueba sobre este tema.
- R07 Esta dinámica no fue relevante para mi necesidad, pues yo ya sabía la mayor parte del asunto tratado.
- I06 El profesor comprende bien mis dudas (y los colegas) a lo largo de la dinámica.
- S04 La explicación después de la dinámica me hizo sentir recompensado por mis esfuerzos.
- A10 El lugar donde se realizó la dinámica ayudó a sostener mi atención en las actividades.
- A11 El estilo de la dinámica es aburrido.
- R08 Yo podría relacionar el contenido de esta dinámica con cosas que he visto, he hecho o pensé en mi vida.
- A12 Tiene tanta información en la dinámica que llega a ser irritante.
- I07 El profesor estimula la reflexión, alienta la participación e intercambio de ideas y trabajo en equipo.
- S05 Tuve una buena sensación al completar esa dinámica.
- R09 El contenido de esta dinámica será útil para mí.
- C08 No entendía una parte de esa dinámica.
- C09 La buena organización de la dinámica me ayudó a sentirse confiada en el aprendizaje.
- I08 Comprendo bien las explicaciones y recomendaciones del profesor.
- S06 Fue un placer trabajar en una dinámica tan bien elaborada.



Comparación de métodos de cronometraje en el estudio de métodos y tiempos abordado en la carrera de ingeniería industrial.

Acosta, Esteban ⁽¹⁾; Fernández, Marcelo Oscar ^{*(2)}; Roark, Geraldina Yesica ⁽³⁾; De Paula, Mariano ⁽⁴⁾; Leal, Fabiano ⁽⁵⁾; De Queiroz, José Antonio ⁽⁶⁾.

*Instituto de Industria - Universidad Nacional de General Sarmiento
Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires*

(1) eacosta@campus.ungs.edu.ar; (2) mfernandez@campus.ungs.edu.ar,

RESUMEN

Dentro de la carrera de ingeniería industrial el estudio de métodos y tiempos es uno de los temas relevantes para la formación de ingenieros industriales. En este contexto, las técnicas más utilizadas son el cronometraje y el uso de reproductores de video para la toma de tiempos.

Muchas veces el cronometraje es de forma manual, lo que implica la posibilidad de pérdida de datos durante el proceso de cronometraje, transmisión de datos incorrectos al papel, errores en la digitalización de los tiempos, entre otros. Asimismo, al utilizar reproductores de video además de presentarse las dificultades antes mencionadas, surge la necesidad de duplicar el tiempo del proceso, ya que se debe filmar y luego realizar el registro de tiempos, con la debilidad adicional de un menor grado de precisión en los tiempos estimados.

El objetivo de este trabajo consiste en comparar los métodos tradicionales de toma de tiempos (Cronómetro y DivXplayer) con el método del aplicativo informático Neochronos®. Para tal fin primero se desarrolla un diseño de experimento completamente aleatorizado, simulando un proceso de ensamble con piezas de Rasti®, con el fin de contrastar la hipótesis de que los tiempos medios de proceso, medidos con cada uno de los métodos, son iguales. Posteriormente, se efectúa un análisis respecto de la eficiencia en el uso de las 3 metodologías utilizadas, destacando ampliamente los resultados de NeoChronos®.

Este trabajo es uno de los resultados de la cooperación interuniversitaria entre UNGS, UNICEN y UNIFEI, dentro del proyecto de investigación de "Métodos de Simulación en la Industria 4.0 como apoyo a la toma de decisiones", haciendo foco en el uso de aplicativos informáticos como herramienta para la enseñanza en ingeniería industrial.

Palabras Claves: estudio métodos y tiempos, modelado de datos, NeoChronos®.

ABSTRACT

Within the career of industrial engineering, the study of methods and times is one of the relevant topics for the training of industrial engineers. In this context, the most commonly used techniques are timing and the use of video players for timing.

Many times the timing is manually, which implies the possibility of loss of data during the timing process, transmission of incorrect data to the paper, errors in the digitization of the times, among others. Also, when using video players in addition to presenting the aforementioned difficulties, the need arises to double the process time, since it must be filmed and then made the time recording, with the additional weakness of a lower degree of accuracy in the estimated times.

The objective of this work is to compare the traditional time-taking methods (Stopwatch and DivXplayer) with the Neochronos® computer application method. To this end, a completely randomized experiment design is first developed, simulating an assembly process with Rasti® pieces, in order to test the hypothesis that the average process times, measured with each of the methods, are the same. Subsequently, an analysis is made regarding the efficiency in the use of the 3 methodologies used, highlighting the results of NeoChronos®.

This work is one of the results of the interuniversity cooperation between UNGS, UNICEN and UNIFEI, within the research project of "Simulation Methods in Industry 4.0 as support for decision making", focusing on the use of computer applications such as tool for teaching in industrial engineering.

1. Introducción

El mercado laboral actual de los futuros ingenieros industriales, busca profesionales no solo calificados en competencias técnicas, sino también en habilidades blandas o competencias transversales como la comunicación, trabajo en equipo y liderazgo, entre otras. Para aportar a tales competencias los sistemas educativos han empezado a utilizar enfoques de aprendizaje innovadores en los cuales se diseñan juegos para crear entornos más interactivos, participativos, inductivos, reflexivos y exploratorios. Durante el uso de estos juegos los estudiantes aprenden basándose en su propia experiencia. [1]

Asimismo, el uso de nuevas tecnologías aplicadas en ambientes académicos complementa el diseño de juegos, maximizando los aprendizajes de los estudiantes. En este sentido, el presente trabajo se basa en la simulación de un proceso de ensamble con piezas de Rasti®, con el objetivo de comparar los métodos tradicionales de toma de tiempos (Cronómetro y DivXplayer) con el método del aplicativo informático Neochronos®.

La técnica de estudio de tiempos, se utiliza comúnmente en empresas para el control y mejora de procesos. Con esta información es posible calcular el tiempo estándar de una tarea, el cual se utiliza como base para el costo de productos y servicios, balanceo de línea, cálculos de capacidad y de rendimientos. En muchas organizaciones la toma de tiempos se realiza con el método tradicional. Es decir, los tiempos se recopilan con un cronómetro y se registran en una hoja de papel. Posteriormente los datos se procesan en una planilla de cálculo en pos de obtener el tiempo estándar de la tarea. Este método presenta varias fuentes de error relacionadas con el proceso de cronometraje, la transcripción de datos incorrectos al papel, error de data entry al sistema computacional, entre otros.

Actualmente hay softwares que facilitan algunos de estos pasos, entre los cuales se encuentra NeoChronos®, que corresponde a una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo. Dicho sistema permite la sincronización, el cálculo del tiempo estándar, el modelado del tiempo a partir de distribuciones de probabilidad continua, la generación de archivos de hoja de cálculo con extensión .xls, entre otras funciones. [2].

2. Referencia teórica

2.1. Métodos de cronometraje de tiempos

Según la organización internacional del Trabajo (OIT), el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuadas en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. [3].

Los estudios de tiempos requieren ciertos elementos fundamentales tales como: un cronómetro, un tablero de observaciones y un formulario de estudio de tiempos. Entre los cronómetros se pueden identificar dos tipos: los mecánicos y los electrónicos. También suelen ser utilizados equipos de grabaciones para filmar el proceso y luego analizar con detenimiento la filmación. Para analizar dichas filmaciones se encuentran diferentes softwares que pueden procesar distintos formatos de video. En particular el software DivX Player es una aplicación desarrollada para la reproducción de archivos comprimidos mediante DivX y tiene la capacidad de reproducir muchos otros formatos. Uno de los atractivos de este reproductor es que es compatible con todas las versiones de DivX hasta la fecha, además de poder reproducir archivos en formato H.264 (.mkv) de alta definición y con audio AAC sin pérdida de calidad.

Los avances tecnológicos han permitido que las técnicas para el estudio de tiempos evolucionen rápidamente, facilitando la labor del analista, obteniendo mayor precisión, velocidad de aplicación y resultados más confiables, comprensibles y rápidos. Por otro lado, el crecimiento en el uso de aplicaciones móviles de celulares ha generado un lugar propicio para el uso de dichas técnicas.

Este es el caso de la App NeoChronos®, que se encuentra disponible en la plataforma de google play store para su uso gratuito. Investigadores de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y la Universidad Federal de Itajuba (UNIFEI) Brasil, evaluaron características de usabilidad de dicho aplicativo. [4]. Para tal fin, estos diseñaron un formulario y evaluaron las respuestas realizadas por estudiantes de grado y posgrado y profesionales que utilizaron NeoChronos® para la toma de tiempos.

Al abrir la aplicación, el usuario tiene dos opciones: "nuevo proyecto" o "Proyectos guardados", tal como se muestra en la Figura 1 a. En la esquina superior derecha de la pantalla hay un botón representado por tres puntos apilados que proporciona una guía para el usuario. En esta guía, se muestra una lista de todas las características de la aplicación, y al hacer clic en una de ellas el usuario puede ver la explicación de su funcionamiento. La opción "nuevo proyecto" puede nombrar el proyecto, agregar una descripción, definir número de elementos sobre lo que se tomarán los tiempos, nivel de confianza y margen error (Figura 1. b). Estos últimos se utilizan para realizar pruebas de hipótesis al momento de querer aproximar una distribución de probabilidad del conjunto de tiempos obtenidos. En la siguiente pantalla se encuentra el cronómetro (Figura 1.c), donde el usuario puede iniciar la toma de los tiempos de proceso para cada elemento.



Figura 1.a. Menú principal

Figura 1.b. Información Gral.

Figura 1.c. Pantalla de toma de tiempos

A medida que se registran los tiempos, la media, la desviación estándar de la muestra y el tamaño ideal de las muestras se calculan en tiempo real. Inicialmente, la aplicación tiene un tamaño ideal de 10, lo que sugiere que el usuario multiplica un mínimo de 10 veces por muestra piloto. Sin embargo, después de la décima vez, la aplicación calcula el tamaño ideal de la muestra. Cuando el usuario alcanza el tamaño de la muestra ideal para un elemento dado, el número cambia de color rojo a verde, lo que indica que la muestra recolectada ya es suficiente para el elemento en específico.

Finalizado la toma de tiempos, se puede acceder una pantalla donde se obtienen diferentes resultados de la toma de tiempos (figura 2 a), entre los cuales se pueden mencionar: resumen estadístico (Figura 2 b) y cálculo del tiempo estándar (figura 2 c). Sin embargo, la aplicación brinda informaciones sobre un ranking de distribuciones de probabilidad, tanto continuas como discretas, y puede exportar los datos a formato XLS.

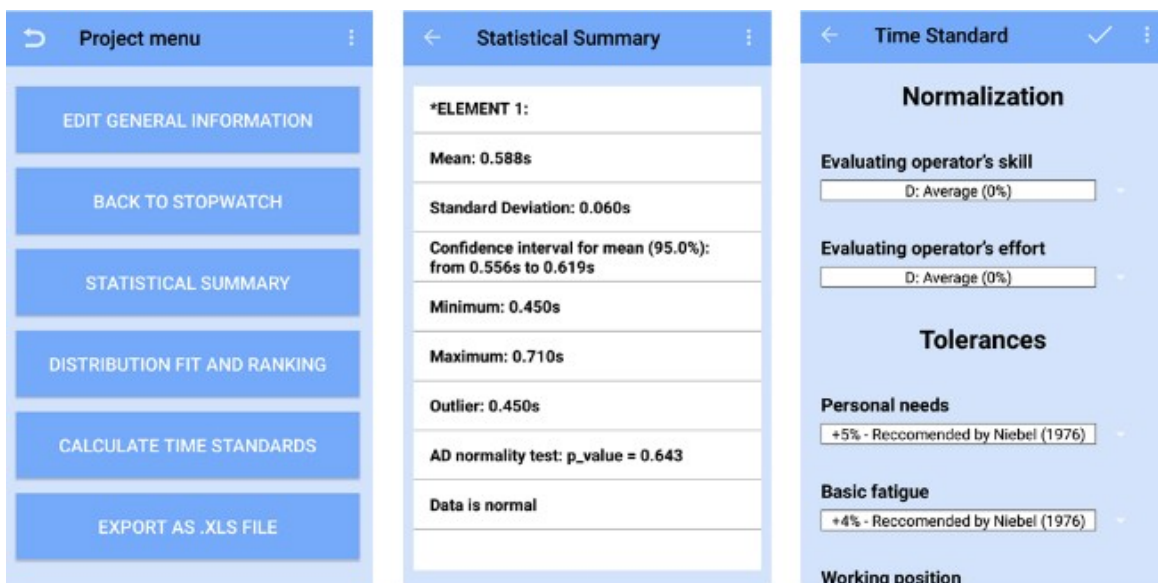


Figura 2.a. Menú principal

Figura 2.b. Resumen estadístico

Figura 2.c. Tiempo estándar

En el cálculo de tiempos estándar se evalúa el ritmo, teniendo en cuenta las características del operador y de la operación. Esta evaluación puede hacerse contemplando la habilidad y el esfuerzo del operador. [5].

2.2. Diseño experimental

Los pasos para efectuar el diseño de un experimento, según [6], se exponen en la figura 3:

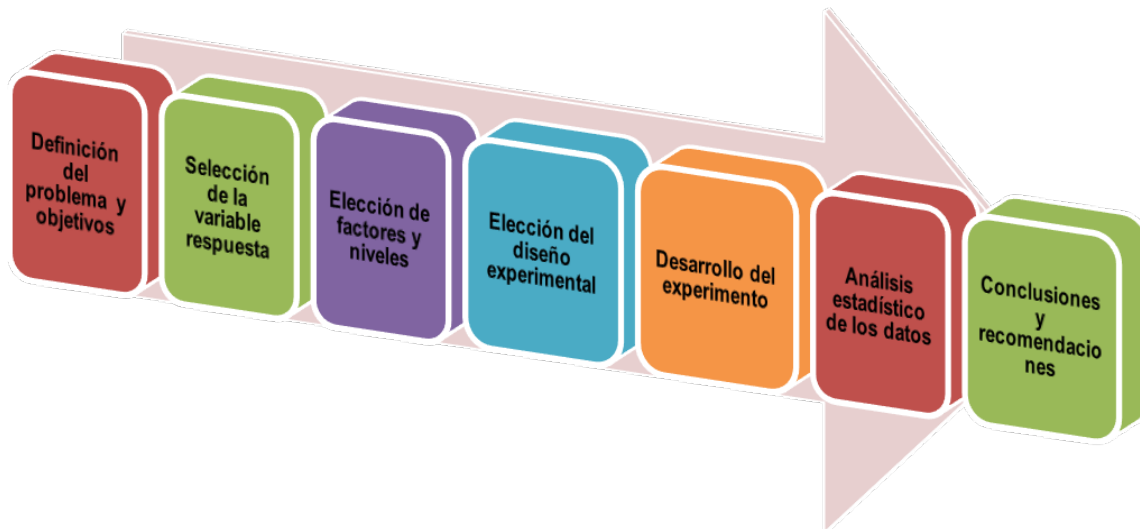


Figura 3 – Pasos para efectuar un diseño de experimento – Fuente: Adaptado de [6]

La primera etapa de un diseño de experimento consiste en el planteamiento del problema y la **definición del objetivo** del estudio. El investigador debe definir con claridad la magnitud del problema y establecer los objetivos que se pretenden alcanzar. Tales objetivos deben formularse en función a las variables dependientes e independientes que se establecen como base de la investigación. El planteamiento del problema lleva a **deducir las variables respuesta** a medir, y a su vez, el tipo de análisis a elegir, lo cual constituye la segunda etapa de esta técnica. La selección de la estrategia de medición de dicha variable debe garantizar la confiabilidad de los resultados.

El tercer paso de esta metodología consiste en **definir los factores del experimento y sus niveles**. Tales factores se relacionan con el planteamiento del problema ya que de ellos dependen las variables respuesta seleccionadas para el estudio. Cabe destacar que un “**factor**” es la variable independiente a estudiar, cuyas variantes se identifican como “**niveles**”. Las interacciones entre los niveles y los factores se denominan **tratamientos**. En los diseños de un solo factor cada nivel corresponde a un tratamiento. [7].

Al momento de **seleccionar un diseño de experimento adecuado**, correspondiente a la cuarta etapa de la metodología, se deben considerar las características del estudio, las variables de análisis y la disponibilidad de recursos tales como el tiempo. [8].

Seleccionado el diseño de experimento, la quinta etapa se relaciona con su **desarrollo**. Para ello se debe preparar un protocolo de ejecución, definiendo la unidad experimental, la cantidad de muestras a tomar en cada experimento, la cantidad de replicaciones, la forma de asignación de los tratamientos a cada una de las unidades experimentales, la metodología de recolección de los datos y el análisis cuantitativo que se llevará a cabo. [9.]

Recopilados los resultados del estudio, la siguiente etapa corresponde al **análisis estadístico de los datos** obtenidos mediante herramientas estadísticas basadas principalmente en el análisis de la varianza para resolver las hipótesis planteadas al inicio del experimento.

Obtenidos los resultados estadísticos, la última etapa consiste en **definir las conclusiones y recomendaciones del estudio** en función de los objetivos planteados.

3. Metodología

La metodología desarrollada en este trabajo se encuentra dividida en dos etapas. Una primera donde se desarrolla un diseño de experimento completamente aleatorizado para evaluar la hipótesis de que los tiempos medios de un proceso de ensamble, medido con 3 métodos de medición de tiempos diferentes, son iguales. Tales métodos consisten en: Cronómetro, App “Neochronos” y reproductor de video “DivXPlayer”. En una segunda etapa se realiza un análisis de la eficiencia en el uso de las 3 metodologías antes mencionadas. Para ello se registra el tiempo de respuesta para obtener el tiempo estándar de operación en cada proceso de ensamble (variable **TRTE**) y el tiempo de respuesta para elaborar la función de probabilidad del tiempo de la tarea (Variable **TRFP**). La variable **TRTE** generalmente es utilizada para efectuar el costeo de horas de la operación, por lo que es relevante dentro del estudio de métodos y tiempo. Asimismo, la variable **TRFP** puede ser utilizada para futuros proyectos de simulación de eventos discretos. Haciendo foco en la primera etapa del análisis, se puede decir que un diseño de experimento es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso. Dicha técnica consiste básicamente en un conjunto de pruebas experimentales desarrolladas sobre un determinado proceso, con el fin de obtener información relevante para la toma de decisiones a través de un análisis estadístico pormenorizado, que permita obtener conclusiones válidas y objetivas acerca del problema u objetivo establecido.

En tal experimento se inducen cambios en las condiciones de operación de un sistema para medir el efecto de dicho cambio en una o varias propiedades del proceso en análisis, en pos de verificar una hipótesis relacionada con el fenómeno en estudio. [10].

4. Resultados

Los resultados obtenidos en el diseño de experimento, planteado en la presente investigación, se exponen a continuación considerando las etapas de la figura 3.

Etap 1 - Planteamiento del objetivo del experimento: Demostrar que el tiempo medio observado en una tarea de ensamble simulada es el mismo con los 3 métodos de medición de tiempos utilizados.

Etap 2 - Selección de la variable respuesta: En función al objetivo antes planteado, la variable respuesta del experimento consistirá en el “Tiempo medio observado” de cada tarea considerada en el estudio.

Etap 3 - Elección de factores y niveles: La variable independiente del diseño de experimento consiste en la Metodología de medición de tiempos utilizada en el estudio de tiempos. Tal factor tendrá 3 niveles:

- Medición de tiempos con un Cronómetro.
- Medición de tiempos con la app “NeoChronos”.
- Medición de tiempos con un reproductor de video DivXPlayer.

Etap 4 - Tipo de Experimento: Como base del estudio se selecciona el diseño de experimento completamente aleatorizado. Para llevar a cabo el mismo se toma como base el desarrollo de un producto a través de 2 etapas de montaje, definidas “Etap 1” y “Etap 2”. Dicha cadena de montaje será simulada con un kit de piezas de Rasti.

El producto final, tal como se observa en la fig. 4, estará conformado por 2 piezas 4x2 (una azul y otra negra), una pieza 2x2 color azul y una pieza 2x1 color negra.

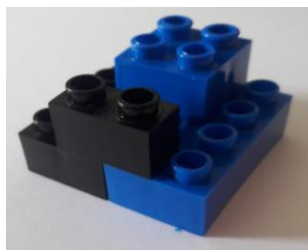


Figura 4 – Producto final desarrollado en el diseño de experimento – Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del producto, en la “Etap 1” de montaje se utiliza como materia prima una pieza 4x2 azul y una pieza 2x2 del mismo color. Tales piezas deben ensamblarse una sobre otra, tal como se muestra en la fig. 5.

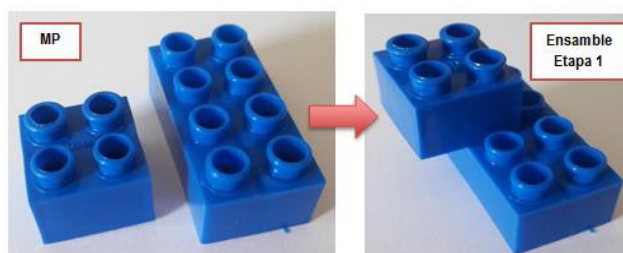


Figura 5 – Sub producto de la primera etapa de montaje del diseño de experimento – Fuente: Elaboración propia.

El tiempo observado de esta etapa comprende el momento en que el operador 1 toma la materia prima (MP), la ensambla según la fig. 5 y coloca el subproducto obtenido en el almacén de producto semi terminado, que alimenta a la “Etap 2” de montaje.

Para culminar el producto, en la “Etap 2” se utiliza como materia prima una pieza 4x2 y una pieza 2x1, ambas de color negro. Tales piezas se ensamblan una sobre otra, tal como se muestra en la fig. 6. Dicho subproducto debe ensamblarse al producto culminado de la etapa anterior para obtener el producto final de la Fig. 4.

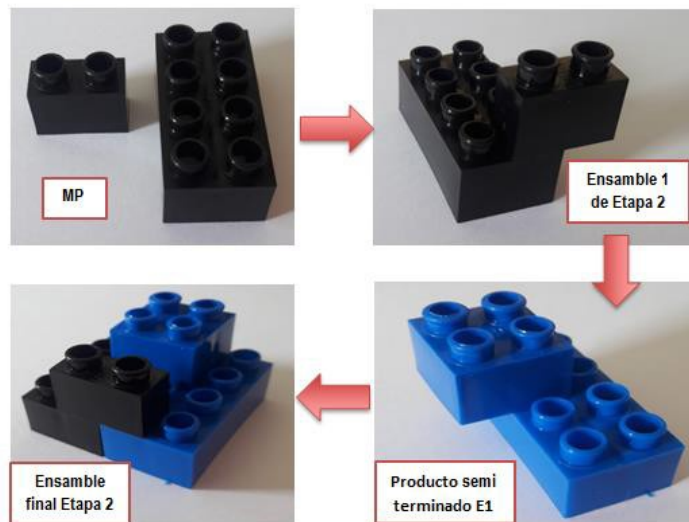


Figura 6 – Sub producto de la segunda etapa de montaje del diseño de experimento – Fuente: Elaboración propia.

El tiempo que se observa en la etapa 2 incluye el momento en que el operador 2 toma la materia prima, la ensambla según la fig. 6, luego toma el subproducto de la etapa 1 y realiza el ensamble final para culminar una unidad de producto terminado.

Para efectuar la medición de los tiempos de proceso en cada etapa de montaje se seleccionarán 3 personas a las cuales se les asigna, de forma aleatoria, cada una de las 3 metodologías de medición de tiempos definidas en el estudio (cronómetro, NeoChronos y DivXPlayer). Tales personas representan las unidades experimentales, mientras que las metodologías de medición de tiempos corresponden a los tratamientos del estudio.

Dicho experimento se efectúa con 5 replicaciones, considerando una muestra de 5 tiempos de proceso de cada etapa de ensamble en cada una de ellas. De cada muestra se estima el tiempo medio de proceso en las 2 etapas de montaje, el cual representa la variable respuesta en el análisis de la varianza para resolver el test de hipótesis del experimento.

El Test de Hipótesis para cada etapa de montaje se plantea a continuación:

H₀: $\mu_{tc} = \mu_{tn} = \mu_{td}$

H₁: No todas las medias son iguales siendo:

μ_{tc} : Media del tiempo de proceso obtenida con el cronómetro

μ_{tn} : Media del tiempo de proceso obtenida con la app “NeoChronos”

μ_{td} : Media del tiempo de proceso obtenida con DivXPlayer

Las suposiciones para efectuar el análisis de la varianza serán que la variable respuesta “tiempo de la tarea” tiene una distribución normal, es homocedástica y las observaciones son independientes. [11].

Para la resolución de dicho experimento se utiliza el software Infostat 2016 (versión libre), a través del cual se obtiene la tabla ANOVA, que permite resolver el test de hipótesis del experimento.

Si el resultado consiste en el rechazo de la hipótesis nula será necesario determinar dónde están las diferencias. Para ello existen varios procedimientos de comparación múltiple, entre los cuales se selecciona el Test de Tuckey por su fácil aplicación y comprensión. La única exigencia para aplicar dicha técnica es que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos.

Etapa 5 - Desarrollo del experimento: En las tablas 1 y 2 se exponen los tiempos observados en las dos etapas de montaje.

Tabla 1 – Registro de tiempos de proceso en segundos de la etapa 1 – Fuente: Elaboración propia.

Replicación	Cronómetro	T medio cronómetro	NeoChronos	T medio NeoChronos	DivXPlayer	T medio DivXPlayer
1	7,03	7,348	8,44	8,72	7	8,6
	6,46		8,31		9	
	8,44		9,21		9	
	8,04		9,1		9	
	6,77		8,54		9	
2	6,84	7,534	8,2	8,864	9	8,8
	7,67		8,87		8	
	7,95		8,92		9	
	7,1		9,31		9	
	8,11		9,02		9	
3	8,03	7,206	8,94	8,374	10	8,4
	7,16		8,53		8	
	6,4		7,71		8	
	7,67		8,01		8	
	6,77		8,68		8	
4	8,06	6,762	8,85	7,41	7	7,2
	6,06		6,6		7	
	6,52		6,87		7	
	6,65		7,34		8	
	6,52		7,39		7	
5	5,89	6,254	6,19	7,19	6	7,2
	6,68		7,8		8	
	6,4		7,82		8	
	6,59		7,02		7	
	5,71		7,12		7	

Tabla 2 – Registro de tiempos de proceso en segundos de la etapa 2 – Fuente: Elaboración propia.

Replicación	Cronómetro	T medio cronómetro	NeoChronos	T medio NeoChronos	DivXPlayer	T medio DivXPlayer
1	9,75	9,462	11,36	10,832	11	11
	8,91		10,32		11	
	10,53		11,71		12	
	8,87		9,87		10	
	9,25		10,9		11	
2	8,68	8,784	9,38	9,27	9	9,4
	8,15		9,15		9	
	9,05		9,71		10	
	9,35		9,055		10	
	8,69		9,055		9	
3	7,71	7,89	7,28	8,948	8	9,2
	7,28		9,15		9	
	8,85		10,12		11	
	8,88		9,79		10	
	6,73		8,4		8	
4	7,12	7,89	8,45	8,524	9	8,8
	8,25		8,4		8	
	11,27		9,1		10	
	5,42		9,6		9	
	7,39		7,07		8	
5	9,38	8,424	8,65	8,734	9	8,8
	7,8		8,6		9	
	8,45		9,24		9	
	8,31		8,33		9	
	8,18		8,85		8	

Etapa 6 – Análisis estadístico de los datos: Obtenidos los tiempos medios de cada muestra en cada replicación del experimento como variable respuesta, para las etapas 1 y 2 de ensamble, a continuación se exponen los resultados obtenidos en el análisis de varianza para resolver el test de hipótesis planteado en la etapa de diseño del experimento.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tiempo medio de proceso	15	0,39	0,29	9,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,72	2	1,86	3,83	0,0518
Método de medición	3,72	2	1,86	3,83	0,0518
Error	5,84	12	0,49		
Total	9,56	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17693

Error: 0,4865 gl: 12

Método de medición	Medias	n	E.E.
Cronómetro	7,02	5	0,31 A
DivXPlayer	8,04	5	0,31 A
Nechronos	8,11	5	0,31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 7 – Tabla ANOVA y test de Tukey para los tiempos de proceso en la Etapa de ensamble 1 – Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Columna1	15	0,23	0,10	9,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,55	2	1,27	1,81	0,2057
Columna2	2,55	2	1,27	1,81	0,2057
Error	8,45	12	0,70		
Total	11,00	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,41628

Error: 0,7045 gl: 12

Columna2	Medias	n	E.E.
Cronómetro	8,49	5	0,38 A
Neochronos	9,26	5	0,38 A
DivXplayer	9,44	5	0,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 8 – Tabla ANOVA y test de Tukey para los tiempos de proceso en la Etapa de ensamble 2 – Fuente: Elaboración propia.

Al observar los **p** - valores obtenidos en el análisis de la varianza (ANOVA) de los tiempos medios de proceso en las etapas de ensamble 1 y 2, figuras 7 y 8, se demuestra que no existe evidencia significativa para rechazar las hipótesis nulas vinculadas con la igualdad en los tiempos medios observados de las operaciones “etapa 1” y “etapa 2” de ensamble” con los 3 métodos de medición de tiempos utilizados. Asimismo, para confirmar esta conclusión se observa en los resultados del test de Tukey de ambas figuras que los 3 niveles del factor “Técnica de medición de tiempo” exponen la misma letra (A), lo cual vuelve a evidenciar que no existen diferencias significativas en los resultados obtenidos con los tres niveles del factor analizado.

Finalmente para validar los resultados del experimento, a continuación se comprueba el cumplimiento de los supuestos antes citados.

Respecto a la **normalidad de la variable respuesta** “tiempo de la tarea” se aplica el test de Shapiro Wilk para su comprobación. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 9 y 10.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Neochronos	5	8,11	0,77	0,85	0,2118
Cronometro	5	7,02	0,51	0,92	0,5890
DivXplayer	5	8,04	0,78	0,78	0,0600

Figura 9 – Resultados prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los tiempos medios de proceso en la Etapa de ensamble 1 recopilados con los 3 métodos en análisis – Fuente: Elaboración propia.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Cronómetro	5	8,49	0,66	0,89	0,4096
Neochronos	5	9,26	0,92	0,82	0,1446
DivXplayer	5	9,44	0,91	0,78	0,0620

Figura 10 – Resultados prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los tiempos medios de proceso en la Etapa de ensamble 2 recopilados con los 3 métodos en análisis – Fuente: Elaboración propia.

Considerando que en los 3 casos y en las 2 etapas de ensamble el p-valor obtenido en el test de Shapiro Wilk es superior al nivel de confianza $\alpha = 0.05$, se concluye que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, por lo que se puede decir que los tiempos de procesos recopilados con los tres métodos en las 2 etapas de ensamble se ajustan a una distribución normal. Por su parte en las figuras 9 y 10 se demuestra la homocedasticidad de los tiempos medios de proceso, medidos con los 3 métodos de medición.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Columnal	{Cronómetro}	{DivXplayer}	5	5	0,26	0,61	0,44	0,4408	Bilateral
Columnal	{Cronómetro}	{Neochronos}	5	5	0,26	0,59	0,45	0,4602	Bilateral
Columnal	{DivXplayer}	{Neochronos}	5	5	0,61	0,59	1,04	0,9732	Bilateral

Figura 11 – Resultados prueba de Homocedasticidad de los tiempos medios de proceso en la Etapa de ensamble 1 recopilados con los 3 métodos en análisis – Fuente: Elaboración propia.

Prueba F para igualdad de varianzas

Variable	Grupo(1)	Grupo(2)	n(1)	n(2)	Var(1)	Var(2)	F	p	prueba
Columnal	{Cronómetro}	{DivXplayer}	5	5	0,44	0,83	0,53	0,5538	Bilateral
Columnal	{Cronómetro}	{Neochronos}	5	5	0,44	0,85	0,52	0,5401	Bilateral
Columnal	{DivXplayer}	{Neochronos}	5	5	0,83	0,85	0,98	0,9832	Bilateral

Figura 12 – Resultados prueba de Homocedasticidad de los tiempos medios de proceso en la Etapa de ensamble 2 recopilados con los 3 métodos en análisis – Fuente: Elaboración propia.

En las figuras anteriores se comprueba la igualdad de varianzas al obtener en todos los casos un p-valor mayor a 0.05. Tales resultados, junto a la demostración del comportamiento normal de la variable respuesta observada (figuras 11 y 12), validan los resultados obtenidos en el Test de Hipótesis del presente estudio. Resuelto el test de hipótesis, la segunda etapa del análisis consiste en comparar la eficiencia en el uso de las tres metodologías de medición de tiempo a través de los tiempos de respuesta para obtener el tiempo estándar de operación (TRTE) y el tiempo de respuesta para elaborar la función de probabilidad del tiempo de la tarea (Variable TRFP). Tales resultados se exponen en las tablas 3 y 4.

Cabe destacar que el **TRTE** se estima para cada muestra, considerando el pasaje de los datos a una planilla de cálculo Excel, el cálculo de los tiempos de cada operación cuando los datos se registran de forma acumulada (Cronómetro y DivXplayer), la estimación de los tiempos medios observados de cada muestra, el cálculo del tiempo normal de operación contemplando los factores de corrección en función de la habilidad y el esfuerzo del operador y finalmente el cálculo del tiempo estándar, en base a un mismo conjunto de tolerancias definidas por [12].

Por su parte el **TRFP** contempla el tiempo total para cargar los 25 datos obtenidos con las 5 muestras en el software estadístico "Infostat" en pos de efectuar el test de Bondad de Ajuste de Kolmogorov- Smirnov (KS)

con las diferentes distribuciones de probabilidad para variables continuas. Dicho test permite definir a cuál de las distribuciones testeadas se ajustan mejor el conjunto de datos. Esto se efectúa para las observaciones obtenidas con el Cronómetro y el reproductor DivXplayer. Para el caso de las observaciones obtenidas con la app NeoChronos, se registra el tiempo de respuesta de la aplicación para definir el mejor ajuste de los datos.

Tabla 3 – Comparación de variables TRTE y TRFP para los 3 métodos de medición de tiempos en la etapa 1 de ensamble. Fuente: Elaboración propia.

	Muestra	Cronómetro	Neochronos	DivXplayer
TRTE	1	297,66	44,92	379,8
	2	275,67	46,3	340,2
	3	281,59	45,6	356,4
	4	268,25	43,9	321
	5	250,36	42,2	325,2
TRTE Promedio	-	274,706	44,584	344,52
TRFP	1	274,8	12,03	205,8

Tabla 4 – Comparación de variables TRTE y TRFP para los 3 métodos de medición de tiempos en la etapa de ensamble 2. Fuente: Elaboración propia.

	Muestra	Cronómetro	Neochronos	DivXplayer
TRTE	1	206,4	48,61	210,3
	2	159	44,2	232,8
	3	210,6	47,8	171,6
	4	192	45,15	165,6
	5	212,4	47,42	158,4
TRTE Promedio	-	196,08	46,636	187,74
TRFP	1	205,2	13,48	184,2

De los resultados de las tablas 3 y 4 se evidencia una notable diferencia en los tiempos de respuesta obtenidos con de las 3 metodologías para estimar el tiempo estándar y realizar el ajuste de los datos a una distribución de probabilidad. El método más eficiente, con resultados más bajos en las variables TRTE y TRFP, consistió en la aplicación de NeoChronos. Por su parte entre el cronómetro y DivXplayer se logran resultados similares, alejados a los obtenidos con la App NeoChronos, exponiendo el método de cronometraje una leve ventaja respecto del DivXplayer.

5. Conclusiones.

De los resultados obtenidos en la primera etapa del presente estudio se concluye que es indistinto el uso de cualquiera de las 3 técnicas analizadas para efectuar un estudio de tiempos. Tal conclusión se llega a partir de los resultados obtenidos en el análisis de varianza del diseño de experimento, donde se obtuvo un p-valor superior al nivel de confianza de 0.05. Dicho p-valor, sumado a los resultados del test de Tukey, expresan la inexistencia de evidencia significativa para rechazar el test de hipótesis de igualdad de medias en el tiempo medio observado con las tres metodologías analizadas.

Por su parte, en la segunda etapa del estudio, al analizar la performance de los tres métodos a través de sus tiempos de respuestas para la obtención del tiempo estándar de la tarea y para efectuar el ajuste de los tiempos observados a una distribución de probabilidad, se evidencia que no es indistinto utilizar cualquiera de las tres técnicas, respecto a la rapidez en sus respuestas. Se observa que la respuesta de la aplicación NeoChronos son muy superiores a las alcanzadas por los demás métodos.

Se destaca además que para llevar a cabo el estudio de tiempos con cronómetro se requieren 2 personas, una para efectuar el manejo del cronómetro y otra para realizar el registro de los tiempos, lo cual no sucede con las restantes metodologías, que solo requieren una persona para ser aplicadas.

Otra diferencia adicional se observa en el grado de precisión de las metodologías. Tanto NeoChronos como

el cronómetro tienen una precisión de hasta 1/100 segundos mientras que DivXplayer tiene una precisión de hasta 1/100 min.

En este contexto queda claramente en evidencia el menor uso de los recursos humanos y de tiempo para llevar a cabo un estudio de tiempo con la aplicación NeoChronos respecto a los demás métodos analizados. Tal situación genera un impacto positivo en la reducción de costos de dicho estudio, sumado además al mayor grado de precisión obtenido en sus resultados.

Por último, el desarrollo del juego permite crear un entorno interactivo, participativo y reflexivo; donde la comprensión conceptual no solo abarca los conceptos de las diferentes herramientas de toma de tiempos, sino que permite comprender el desarrollo de un diseño de experimento completamente aleatorizado.

6. Bibliografía

- [1] Tao, Y. H., Yeh, C. R., & Hung, K. C. (2015). "Validating the learning cycle models of business simulation games via student perceived gains in skills and knowledge". *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 77-90.
- [2] COSTA, K. D. Desenvolvimento de um módulo de modelagem de tempos em um aplicativo que realiza cronoanálise. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2017.
- [3] Kanawaty, George. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, 4a. edición revisada.
- [4] Esteban F. Acosta; Karen Dantas Costa, Alexandre Fonseca Torres, Fabiano Leal, José Arnaldo Barra Montevechi. "Análise da usabilidade de um aplicativo para cronoanálise e modelagem de tempos". XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Maceió, Brasil, 2018.
- [5] BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho*. 6. ed. São Paulo: Edgard Blüchen, 1977.
- [6] MONTGOMERY, DOUGLAS. *Design and analysis of experiments*. Fifth Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [7] Gabriel J, Castro C, Valverde A, Indacochea B (2017) *Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. 146 p.
- [8] Salazar J. C. & Baena Zapata A. "Análisis y diseño de experimentos aplicados a estudios de simulación". *Revista DYNA*, Vol 76, Número 159, p. 249-257, 2009. ISSN electrónico 2346-2183. ISSN impreso 0012-7353. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13061/13767>
- [9] Kenett R. & Zacks Shelemyahu. (2000). *Estadística Industrial moderna. Diseño y control de la calidad y la confiabilidad*. International Thomson Editores. México, D. F.
- [10] Gutiérrez, H.; de la Vara, R. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill, México.
- [11] Anderson D. R., Sweeney D. J., Williams T. A. (2008). *Estadística para administración. Estadística para Administración y economía*. 10ª Edición. Editorial Cengage Learning. México D.F.
- [12] Niebel, Benjamin, *Ingeniería Industrial. Estudio de Tiempos y Movimientos*. Ed. AlfaOmega, 1996.

¿Por qué aprender en equipo la Gestión de la Calidad?

Ambrústolo, Mariela (1° Autor) *; Migueles, Marina; María Betina Berardi

*(1° Autor) * Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302. Mar del Plata. Provincia de Buenos Aires
marielaambrustolo@gmail.com*

RESUMEN.

El presente trabajo describe la experiencia, ventajas e importancia del aprendizaje y trabajo en equipo de los estudiantes de cuarto y quinto año que cursan la asignatura Gestión de la Calidad de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).

Aprender, trabajar y cooperar en equipo es una estrategia de enseñanza que no solo favorece el aprendizaje significativo, sino que, además, permite adquirir habilidades y capacidades indispensables para el desempeño efectivo del futuro profesional.

La gestión de la calidad en las organizaciones requiere esencialmente del trabajo en equipo y de su sinergia para transitar la mejora continua. Es por ello que las docentes de la cátedra planifican actividades didácticas para ser trabajadas en equipos de cinco estudiantes a lo largo de la cursada. La asignatura en cuestión es una de las primeras en donde se utiliza esta estrategia, por lo tanto, inicialmente se crea una estructura que facilite a aprender a trabajar en equipo para posteriormente “aprender a aprender”.

Desde la experiencia docente, se observan aspectos a seguir trabajando en los equipos como por ejemplo el aprovechamiento de los tiempos de reuniones en la práctica y la división de tareas, cuyos resultados o propuestas luego no son consensuados perdiéndose el ciclo de aprendizaje conjunto. Por su parte, es importante destacar las principales ventajas obtenidas: implicancia más activa del estudiante en el proceso de aprendizaje; mayor comprensión, pensamiento crítico, razonamiento y resolución de problemas debido a la interacción entre pares; contribución directa en el aprendizaje de los compañeros; generación de relaciones sociales; aumento del compromiso y la responsabilidad y desarrollo de capacidades comunicacionales.

Palabras Claves: Aprendizaje en Equipo, Trabajo en Equipo, Gestión de la Calidad.

ABSTRACT

The present work describes the experience, advantages and importance of learning and teamwork of the fourth- and fifth-year students who study the Quality Management course of the Faculty of Industrial Engineering at the National University of Mar del Plata (UNMDP).

Learning, working and cooperating as a team is a teaching strategy that not only favors meaningful learning but also allows the acquisition of skills and abilities essential for the effective performance of the future professional.

Quality management in organizations essentially requires teamwork and its synergy to move towards continuous improvement. That is why from the teaching team educational activities are planned to be worked in teams of five students throughout the course. The subject in question is one of the first where this strategy is used, therefore, first a structure is created that facilitates learning to work in a team to later “learn to learn”.

From the teaching experience, aspects to continue working in the teams are observed, such as the use of meeting times in practice and the division of tasks, whose results or proposals are then not agreed upon, losing the joint learning cycle. For its part, it is important to highlight the main advantages obtained: more active involvement of the student in the learning process; greater understanding, critical thinking, reasoning and problem solving due to peer interaction; direct contribution in peer learning; generation of social relations; increased commitment and responsibility and development of communication skills.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo profesional rara vez se trabaja de manera individual. Aprender, colaborar y trabajar en equipo son competencias indispensables para los futuros profesionales de ingeniería. Es por ello que las universidades no pueden estar ajenas a estos requerimientos, y deben generar prácticas de enseñanza aprendizaje que permitan a sus estudiantes aprender en equipo.

Es importante destacar que surge la necesidad de generar estas competencias en el marco de los procesos de análisis y propuestas de nuevos planes de estudio de las facultades de ingeniería. Se incorpora el modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias, aplicando los nuevos estándares de acreditación de carrera desarrollado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería y publicado en el Libro Rojo. Sin embargo, el enfoque en competencias se viene desarrollando conceptualmente hace varios años.

La educación tradicional, unidireccional de aprendizaje, donde los estudiantes operan de manera individual con casi nula intervención entre ellos o con el profesor, se ha visto obligada a ceder frente a las teorías constructivistas. Por su parte Vygotsky [1] señala que “Todas las funciones psicológicas superiores se originan como relaciones entre seres humanos”, es decir en la interacción social se produce el desarrollo de los procesos superiores de pensamiento y de esa interacción se adquiere el conocimiento y en consecuencia el aprendizaje, donde además el lenguaje y los procesos comunicacionales tienen papeles preponderantes.

En función de que el aprendizaje no es una actividad individual, el estudiante aprende más significativamente cuando lo hace en un ambiente de intercambio y colaboración con sus compañeros [2]. De acuerdo con Johnson, Johnson y Smith [3] el protagonismo en el proceso de aprendizaje está en el estudiante, quién construye el conocimiento y el docente debe redimensionarse a través de un cambio de paradigma para asumir su nueva función, creando un contexto de intercambio social y ambiente adecuado para el mismo.

Consecuentemente, como señala Maldonado Pérez [4]:

La educación como sistema formal de preparación del individuo para la vida en democracia, debe aportar elementos formativos para lograr que estos procesos de interacción humana sean de alta calidad. Esto lleva a plantearnos, que para lograrlo es necesario superar el énfasis de una enseñanza que premia el esfuerzo individual exclusivamente, por un énfasis en la enseñanza que recupera el valor del hombre como ser social por naturaleza y da reconocimiento al esfuerzo colectivo.

En el modelo aplicado en los nuevos estándares para la carrera de ingeniería se rescata esta necesidad ya que está inspirado en el enfoque del ingeniero latinoamericano que aborda las dimensiones académicas, profesional, ambiental y social rescatando la necesidad de proponer un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística.

Destacando como necesaria la capacidad de autoformación, soporte del aprendizaje continuo, y la flexibilidad para aceptar la naturaleza permanente de los cambios, hacen parte de las exigencias de formación de las nuevas generaciones de ingenieros, necesarias para atender el impacto que tienen en la región los dinámicos cambios del conocimiento, la obsolescencia de las tareas profesionales, los virajes en la orientación geoeconómica, los acuerdos sobre protección del ambiente y las crecientes demandas de participación democrática y desarrollo sostenido. Aspectos para los que deben ser necesarias competencia para trabajar en equipos interdisciplinarios.

La influencia de una fuerte corriente tradicionalista también ha dejado consecuencias en la educación superior de nuestro país, cuyo paradigma ha comenzado a cambiar, gracias a que cada vez hay más docentes que reflexionan y mejoran sus prácticas y de las nuevas tendencias en los planes de estudio.

Entonces será necesario dar paso al estudiante como centro de la enseñanza y dejar de posicionar al profesor de manera central y es aquí donde el aprendizaje en equipo, en su variante cooperativo o colaborativo, comienza a tomar relevancia entre otras estrategias [5].

Las estrategias de aprendizaje cooperativo y colaborativo son una forma de organizar las actividades del aula en pequeños grupos que realizan las actividades para lograr un objetivo en común. Son aprendizajes del tipo social donde el aprendizaje se construye en interacción con los compañeros.

Zañartu [6] señala que en ambos enfoques “el conocimiento es descubierto por los estudiantes y transformado en conceptos, con los que el estudiante puede relacionarse. Luego es reconstruido y expandido a través de nuevas experiencias de aprendizaje”

El aprendizaje cooperativo y colaborativo proporciona beneficios importantes en comparación con el aprendizaje individual y los esfuerzos competitivos, generando mejores resultados a nivel cognitivo, mayor compromiso, apoyo mutuo, actitudes proactivas, competencia social y mejora del clima del aula [5].

No obstante, el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje colaborativo presentan diferencias en relación con el tipo de interacción que se da entre los estudiantes y el rol del profesor [7].

Millis y Gottel [8] destacan que ambos tipos de aprendizajes están situados en un mismo continuo que va desde lo más estructurado en la estrategia cooperativa a lo menos estructurado en la estrategia colaborativa.

En el aprendizaje cooperativo el profesor ejerce mayor autoridad sobre los estudiantes en relación con el conocimiento y estructura todas las actividades del grupo, asigna las tareas y responsabilidades individuales. En cambio, en el aprendizaje colaborativo, el profesor es un mediador que asume la

responsabilidad compartida en el aprendizaje; las tareas y responsabilidades grupales e individuales son asumidas por el equipo [4]. Es decir, los estudiantes son más independientes del profesor y presentan un aprendizaje más horizontal.

Otra de las principales diferencias se encuentra en cuanto al proceso de construcción del resultado final. Myers, citado en Rodríguez Sánchez [5] señala que la diferencia entre el aprendizaje colaborativo y cooperativo es que el primero focaliza en el proceso del trabajo conjunto y el segundo subraya el producto de dicho trabajo. Esto implica que en aprendizaje cooperativo los estudiantes resuelven individualmente sus tareas y luego juntan las sub-tareas dando lugar al resultado final. Mientras que en el aprendizaje colaborativo los estudiantes hacen las sub-partes del trabajo juntos. En cuanto al uso de una u otra forma de aprendizaje en equipo, si bien cada docente los empleará en función de la propuesta de enseñanza que quiera implementar, Bruffe [9] señala que el aprendizaje cooperativo aborda el conocimiento básico o fundamental, mientras que el aprendizaje colaborativo es más apropiado para el conocimiento no fundamental que exige razonamiento y discusión.

Es por ello que el trabajo colaborativo tiene una relación más afín con la educación superior, mientras que el aprendizaje cooperativo, por sus características, se asocia más con el nivel primario y secundario.

Para los fines del trabajo presentado y en función de la experiencia realizada abordaremos principalmente el enfoque colaborativo.

Considerando el aprendizaje colaborativo según lo señala Gros, citado en Revelo Sánchez, Collazos Ordoñez y Jiménez Toledo [10]:

Proceso en el que las partes se comprometen a aprender algo juntas. Lo que debe ser aprendido solo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar, y cómo dividir el trabajo o tareas a realizar. La comunicación y la negociación son claves en este proceso.

A continuación, se hace referencia de las principales características del aprendizaje colaborativo que lo diferencian de otras estrategias:

De acuerdo con Lledó Carreres y Perandones González [11] son:

- La relación de interdependencia de los integrantes del equipo y el alcance final de las metas concierne a todos los miembros.
- Se persigue el logro de objetivos a través de la realización (individual y conjunta) de tareas.
- Es fundamental la responsabilidad individual de cada miembro del grupo para el alcance de la meta final.
- Los integrantes del equipo tienen su parte de responsabilidad para la ejecución de las acciones en el grupo, pero la responsabilidad de cada miembro del grupo es compartida.
- La formación de los grupos en el trabajo colaborativo es heterogénea en habilidad y características de los miembros.
- Requiere de los integrantes del equipo habilidades comunicativas, relaciones simétricas y recíprocas y compromiso para la resolución de tareas a realizar.

Otra característica importante, resaltada por Panitz y Panitz [12] es construcción de consenso a través de cooperación de miembros del grupo.

El aprendizaje colaborativo presenta beneficios importantes para los estudiantes. Johnson, Jhonson y Jhonson [13] señalan que el aprendizaje colaborativo: aumenta la seguridad en sí mismo, estimula el pensamiento crítico, fortalece el sentimiento de solidaridad y respeto mutuo, y disminuye los sentimientos de individualista.

De acuerdo con la experiencia de Maldonado Pérez [4] el aprendizaje colaborativo:

- Aumenta el aprendizaje, mejora las habilidades mentales y pensamiento crítico a través de la discusión y el debate.
- Mejora la motivación a la búsqueda y producción de conocimientos y la capacidad emprendedora.
- Mejora el desarrollo personal.
- Contribuye directamente con el aprendizaje de los compañeros.
- Genera satisfacción y orgullo por los logros alcanzados.
- Desarrolla el respeto y la tolerancia por la opinión de los otros.

Adicionalmente podemos agregar según Caldeiro y Vizcarra citado en Bailén y García Bernabeu [14] que este enfoque de aprendizaje favorece la integración de los estudiantes, las habilidades sociales y el desarrollo de las habilidades comunicativas.

Por su parte el aprendizaje en equipo también se ha transformado en la clave del aprendizaje para las empresas., Equipos de todo tipo toman decisiones importantes o llevan a cabo decisiones individuales con éxito a través de los mismos. Senge [15] señala que cuando un equipo logra aprender de manera conjunta, surge una visión común, las energías individuales se alinean, hay menos desperdicio de energía y se genera sinergia.

De acuerdo con el autor anterior “el aprendizaje en equipo es el proceso de alinearse y desarrollar la capacidad de un equipo para crear los resultados que sus miembros realmente desean”. Para Senge [15] el aprendizaje en equipo también implica aprender a afrontar creativamente las poderosas fuerzas que se oponen al diálogo y la discusión productivas.

En esta línea de aprendizaje reflexionaremos la importancia de aprender y trabajar en equipo en gestión de la calidad y en la enseñanza universitaria de estas temáticas.

Los maestros de la calidad en sus teorías señalan la necesidad de incorporar y comprometer al personal de la organización en la mejora de la calidad. Por ejemplo, para Ishikawa [16] la calidad es una responsabilidad de todos los trabajadores y de todas las divisiones. Es por ello que desde la concepción la gestión de la calidad se requiere esencialmente del trabajo en equipo y de su sinergia para generar la mejora continua. Así mismo otro de los expertos en calidad Crosby [17] afirma la necesidad de formar equipos para la mejora de la calidad en las organizaciones con representantes de cada departamento. Por su parte Deming [18], el considerado el “padre de la tercera revolución industrial en Japón”, expresa: “El trabajo en equipo es muy necesario para la compañía. El trabajo en equipo hace que una persona compense con su fuerza la debilidad de la otra y que todo el mundo aguce su ingenio para resolver las cuestiones”.

Para Deming [18] formar equipos con integrantes de diferentes procesos, diseño, ingeniería, producción, ventas, etc. permite lograr importantes mejoras en la calidad de los productos y servicios. Una poderosa herramienta basada en el trabajo en equipo y en la participación de los trabajadores son los llamados “Círculos de Control de Calidad” introducidos en los 70’ por Kaoru Ishikawa en Japón. Estos círculos han sido los responsables de gran parte del mejoramiento de la calidad de los productos japoneses desde entonces [19].

Los Círculos de Control de Calidad están formados por pequeños grupos permanentes de colaboradores voluntarios, que tienen el objetivo de proponer cambios, mejoras o soluciones para problemas detectados en sus puestos de trabajo e implementar soluciones.

Así mismo las organizaciones que abogan la mejora continua y la calidad han comenzado a trabajar con programas y equipos de participación continua de la mejora de la calidad, esto es mediante equipos de mejora. Los equipos de mejora continua están formados por un pequeño número de personas voluntarias, que pueden ser de distintos niveles y funciones, comprometidos con el objetivo de proponer mejoras en un proceso y son responsables de su realización.

Ambos equipos de trabajo con sus diferentes enfoques constituyen un ejemplo de aprendizaje en equipo organizacional, dado que son una excelente herramienta para favorecer el intercambio de conocimiento, aumentar la concienciación, sensibilización, integración y la comunicación de los trabajadores.

Es por ello que el presente trabajo tiene como objeto describir la experiencia, ventajas e importancia del aprendizaje y trabajo en equipo de los estudiantes de cuarto y quinto año que cursan la asignatura Gestión de la Calidad de la Facultad de Ingeniería de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP.

El trabajo se fundamenta en que aprender, trabajar y cooperar en equipo es una estrategia de enseñanza que no solo favorece el aprendizaje significativo y en este caso particular recreando las condiciones de las teorías que se enseñan, sino que, además, permiten adquirir habilidades y capacidades indispensables para el desempeño efectivo del futuro profesional en la temática de estudio.

Motivo por el cual desde el equipo docente se planifican actividades didácticas para ser trabajadas en pequeños equipos de estudiantes a lo largo de la cursada y de las cuales se analizará la experiencia.

2. METODOLOGÍA

Para los fines de este trabajo se tomará como objeto de estudio la cohorte 2019, de la asignatura Gestión de la Calidad. La misma es de carácter obligatorio para quinto año de la Carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Por sus correlatividades puede ser cursada a partir de cuarto año y como optativa de otras ingenierías.

El curso estaba constituido por 40 estudiantes divididos en equipos de no más de cinco estudiantes. Se plantearon a lo largo de la cursada diferentes estrategias con enfoque colaborativo, cuyo objetivo fue generar diversas puertas de entrada al conocimiento que permitan un aprendizaje en equipo significativo y acorde al futuro profesional que se está formando.

Si bien cada estrategia propuesta puede tener particularidades de diseño e implementación específicas, se tomó como marco para la planificación e implementación el enfoque el aprendizaje colaborativo. Se prosiguió en líneas generales con las siguientes etapas.

- **Establecimiento de los objetivos del trabajo:** El equipo docente establece para cada actividad los objetivos del trabajo y competencias que se espera que los estudiantes desarrollen y planifica el desarrollo de la actividad, materiales, información, etc.
- **Desarrollo del espacio de aprendizaje en equipo:** Durante la primera semana de cursada se organizan los equipos de trabajo, integrados por 4 o 5 estudiantes que llevarán de manera colaborativa el desarrollo de todas las actividades de la asignatura. Con el objeto de promover y generar la capacidad para aprender y trabajar en equipo, se realiza como primera actividad de la asignatura un juego. Éste les permite vivenciar las ventajas del trabajo en equipo, analizar modelos y roles, formas de toma de decisión, participación y compromiso con el grupo de trabajo y crear una guía para el funcionamiento del equipo durante la cursada.

Si bien se sugiere heterogeneidad en los equipos, en este aspecto la formación de los mismos es voluntaria. Se encuentra la limitante de los diferentes horarios que ellos tienen para coincidir en las reuniones de equipo fuera del aula y las diversas afinidades. No obstante, de la experiencia se observa en cada equipo

diversidad en las visiones, habilidades y formas de aprendizaje.

- **Actividades basadas en diversas estrategias didácticas:** para el aprendizaje en equipo se presenta a los estudiantes distintas actividades para asegurar el conocimiento significativo y la forma de acceder al mismo. El aprendizaje colaborativo permite variados métodos educativos como estudio de casos, aprendizaje basado en problemas, por proyectos, clases invertidas, debates, presentaciones en equipo, etc.
- **Comunicación de los objetivos:** Al inicio de cada actividad el docente comunica los objetivos del trabajo y las competencias que espera que los estudiantes desarrollen de manera que se sientan motivados y comprometidos para conseguirlos. El equipo docente pone a disposición el material y bibliografía a utilizar y aclara la necesidad de ampliar las fuentes de información cuando sea necesario. Además, se les proporcionan las rúbricas y pautas de evaluación para conocer los criterios de éxito.
- **Rol de profesor y del equipo:** en cada equipo de trabajo, el docente toma el rol de guía y facilitador, los estudiantes asumen sus roles voluntariamente para lograr los objetivos planteados, planificar las actividades y evaluar conjuntamente los resultados. El profesor realiza el seguimiento de la actividad de los grupos e interviene cuando es necesario.
- **Tiempos para reflexión y debate en equipo:** Los equipos de trabajo cuentan con el espacio, tiempo e información necesaria durante la clase para realizar la actividad. Durante esta etapa el equipo en función de los objetivos y las actividades, toman decisiones, evalúan los resultados y trazan nuevos planes de mejoras.
- **Seguimiento de las actividades:** Las actividades se programan en varias sesiones que permiten el seguimiento, orientación y retroalimentación del profesor.
- **Presentación del trabajo:** Cada actividad tiene una presentación que consta de un producto o informe escrito y además según el caso una presentación oral del equipo, un debate, una mesa redonda, etc. el cual concluye con un cierre por parte del equipo docente.
- **Evaluación:** El equipo docente evalúa para cada actividad el proceso, la elaboración de contenidos o materiales y los productos del trabajo en equipo incluyendo sus presentaciones. Los instrumentos para evaluación utilizados por los docentes son registros, observaciones en el diario de cátedra del comportamiento de los equipos y de los estudiantes, reuniones de seguimiento y avances y las rúbricas de evaluación para cada actividad planteada. Así mismo se establecen instancias parciales y finales de devolución del desempeño a los estudiantes mediante la entrega de la rúbrica y reuniones de equipo.

A continuación, se describen las principales actividades didácticas desarrolladas en equipo:

- Creación de un video creativo mediante un Concurso de Videos de corta duración denominado: "Tu Maestro de la Calidad", cuya misión es promover en los estudiantes la formación de las enseñanzas y legado de los maestros de la calidad. Se propone aprender de manera creativa investigando, reflexionando y reflejando en un video los aspectos más importantes de las enseñanzas, las técnicas y la filosofía de los maestros de la calidad designados a cada equipo. De acuerdo con Abbate y Espinosa [20] utilizar la filmación de video en el aula como una estrategia de aprendizaje significa que el alumno asuma un rol activo, independiente y de producción, mientras que el docente se constituye en orientación del trabajo de los grupos. El equipo docente seleccionó esta estrategia porque reúne aspectos que dan protagonismo al estudiante y que enfocan el carácter colaborativo o compartido del conocimiento.
- Realización de un juego de simulación, "El juego de la cerveza" como motivador para el estudio del pensamiento sistémico que permite vivenciar la inclusión en un sistema. El juego de la cerveza es un juego creado por el MIT *Sloan School of Management* y consiste en una simulación interactiva de un sistema de producción y distribución de cerveza. La simulación

Ofrece a los estudiantes un ambiente seguro en donde experimentar y estar en contacto directo con lo que van a aprender. El uso del recurso de simulación se basó principalmente en que permite convertir a los estudiantes en protagonistas, viviendo la situación en la que están inmersos, apreciar de manera inmediata las consecuencias de las decisiones tomadas y entrenar en el difícil arte de las relaciones personales [21].

- Planificación y desarrollo de una clase de aprendizaje invertido. Cada equipo de trabajo lleva a cabo una clase con modelo de inversión del rol del profesor en el aula de Gestión de la calidad, referida a las diversas temáticas de la Disciplina del Pensamiento sistémico, Leyes que los rigen y Problemas de aprendizaje organizacional. Se propone una actividad de aprendizaje dinámica, donde los mismos estudiantes enseñan una temática específica a sus compañeros de curso utilizando recursos creativos y luego realizan una actividad de cierre con un ejercicio para explorar el entendimiento del resto de los compañeros y aclarar dudas. El objeto de la actividad es propiciar la reflexión y el aprendizaje del estudiante en forma autónoma, entre pares dentro del equipo y aprender unos de otros. Así mismo busca

- desarrollar habilidades de comunicación ya que deben a su vez explicarle al resto de clase.
- Análisis y resolución de estudios de casos teóricos y reales. La segunda parte de la asignatura comprende las temáticas de la implementación de los Sistemas de Gestión de la Calidad y la Mejora Continua. Se abordan estudios de casos que presentan aspectos de la realidad (reproducidos o simulados) con el fin de que los estudiantes analicen sus características y la problemática presentada involucrándose y tomando decisiones como si fueran actores del mismo. López [22] señala que la estrategia presenta una mayor motivación por parte de los estudiantes que las clases magistrales, desarrolla habilidades cognitivas como pensamiento crítico, análisis, síntesis, evaluación, habilidades comunicativas e interacción con otros estudiantes, entre otras. Para Davini [23] al abordarse los estudios de caso en equipo se promueve la comprensión de las situaciones y de las alternativas de acción mediante la participación de las diferentes intervenciones y miradas de los estudiantes.
 - Desarrollo de un trabajo final en una organización que les permite aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de toda la cursada a una situación problemática concreta y/o real. El objeto de esta propuesta es desarrollar la capacidad de pensar de manera crítica, analizar, sintetizar, evaluar y determinar soluciones en equipo, propiciando el dialogo, la escucha y la reflexión.

La asignatura no realiza clases magistrales, pero en función de los contenidos y actividades se realizan presentaciones teóricas con actividades puntuales, grupales o individuales, como juegos, videos, talleres, lectura de artículos, “*Learning Games*” mediante un tablero de juego *on line* y uso de dispositivos móviles, etc. Estas actividades tienen como fin despertar el interés del estudiante, comenzar a construir los conocimientos significativos para luego profundizar en las actividades de aprendizaje en equipo. La experiencia se validó mediante una encuesta de autoevaluación del aprendizaje y trabajo en equipo de cada integrante, las observaciones y registros del equipo docente y del desempeño de cada equipo. La encuesta se realizó al finalizar el cuatrimestre y abarcó diversos aspectos tales como la planificación del trabajo en equipo, el aprendizaje, el interés despertado, ventajas, desventajas e inconvenientes de la metodología. La misma fue respondida por 39 estudiantes. La evaluación final de los estudiantes se divide en un componente grupal que constituye el 50% de la nota dado por las actividades de aprendizaje en equipo y el desempeño del estudiante frente al equipo y el otro 50 % un componente individual constituido por dos parciales.

3. RESULTADOS

A partir del procesamiento de la mencionada encuesta y de otros insumos de información resulta importante destacar los siguientes hallazgos significativos.

En cuanto a la metodología de implementación del aprendizaje en equipo colaborativo, se observa de la encuesta de autoevaluación que el 54% de los estudiantes establecen que se realizó siempre una **división de actividades**, un 25% la mayoría de las veces, un 13% algunas veces y 8 un 8% nunca. Si bien esto indica que hay una división de la labor, acorde con la dinámica y que algunas actividades las pueden haber realizado de manera conjunta, los resultados **de las tareas fueron discutidos** por el resto del equipo siempre y la mayoría de las veces en 47% y 28% respectivamente y sólo 19% y 6% explicitaron que se discutieron las actividades algunas veces y casi nunca respectivamente. Estos resultados si bien implican una división de tareas habitual hay un adecuado porcentaje de **intercambio, debate y discusión** entre los integrantes del equipo.

Así mismo en porcentajes similares, se observa que la **responsabilidad del proceso final** del aprendizaje es conjunta, teniendo en cuenta que al momento de la entrega del resultado final de la actividad un 44% de los estudiantes revisa lo producido siempre, un 31% lo hace la mayoría de las veces, un 20% algunas veces, un 3% casi nunca y un 2% nunca.

En cuanto a **la planificación y organización** de los equipos para la realización de la actividad solo el 5% de los estudiantes señala que se realiza siempre para cada trabajo, un 39% la mayoría de las veces, un 37 % algunas veces, un 16% casi nunca y un 3% nunca. Si bien desde el equipo docente se trabajó para generar herramientas en los equipos que les posibiliten una auto gestión, se esperaba una mayor planificación de las tareas debido a que la mayoría de los estudiantes han cursado otras asignaturas donde estudian herramientas relacionadas con este ítem. A partir de este estudio se determina que es un punto débil que deberá seguir trabajándose a futuro en forma interna en la cátedra y también en relación con otras asignaturas.

Con respecto al **grado de participación activa alcanzada** por los estudiantes **en el intercambio de ideas** dentro del equipo, se identifica que el 47% expresa que pudo participar activamente siempre, el 37% la mayoría de las veces, el 13% algunas veces, un 3% casi nunca y un 0% nunca. Estos valores nos señalan que un 84% de los estudiantes tiene una participación activa adecuada, pero sin embargo todavía hay un porcentaje que no alcanza a intercambiar sus ideas y conocimientos y si bien es un porcentaje menor representa otro desafío a trabajar a futuro.

Otro aspecto metodológico observado es que el tiempo de las reuniones del equipo durante la práctica de la

asignatura no es aprovechado en su totalidad. Un 49% de los estudiantes expresa que la mayoría de las veces aprovecha el tiempo, siguiendo un 23% siempre, 15% casi nunca y 13% algunas veces. Las principales causas que generan este desaprovechamiento del tiempo se muestran en el Figura 1:

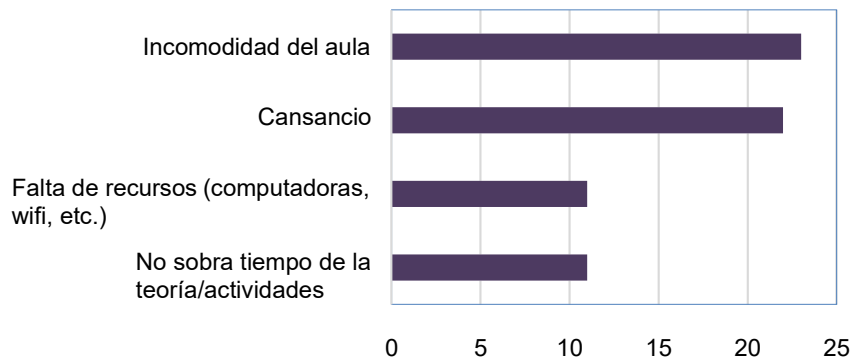


Figura 1 - Causas de desaprovechamiento.
Fuente: elaboración propia

Como se observa las principales causas tienen que ver con la infraestructura del aula, espacios chicos para trabajar en equipo y la generación de ruido que les dificulta la comunicación y escucha. Por otra parte, los estudiantes tienen una alta carga horaria de cursada que los invita a distenderse durante esos espacios. Otra cuestión para considerar es la falta de buena señal de Wi-Fi y computadoras de la facultad para que tengan a disposición. Si bien estas demandas han sido presentadas por la cátedra a las autoridades de la institución, no resulta factible su resolución en el corto plazo, pero a pesar de las restricciones, desde la cátedra se tomó el criterio de insistir en esta modalidad de trabajo ya que resulta fundamental para la temática de estudio.

En consecuencia, los equipos realizan reuniones fuera del horario de clase.

Los resultados de la encuesta muestran que el 51% de los estudiantes consideran que este tipo de reuniones son siempre más productivas que las realizadas en el aula, el 40% la mayoría de las veces y el 9% algunas veces.

El equipo docente observa que de no ser obligatoria la asistencia los estudiantes solicitan ir a trabajar a otros lugares más confortables. Esto genera que el equipo docente en su rol de facilitador y de seguimiento a los equipos no esté siempre presente en forma presencial y cubra estos espacios con respuesta de consultas en forma digital.

Respecto a los beneficios del aprendizaje en equipo se encuestaron diferentes aspectos cuyos resultados evaluados se presentan a continuación.

En la Figura 2 se observa la **motivación e interés** generada en los estudiantes el aprendizaje en equipo en relación a los trabajos individuales, un 79% de los estudiantes valora entre muy alta y alta la motivación e interés, un 18% en forma media y solo una persona manifestó no tener interés en la modalidad.

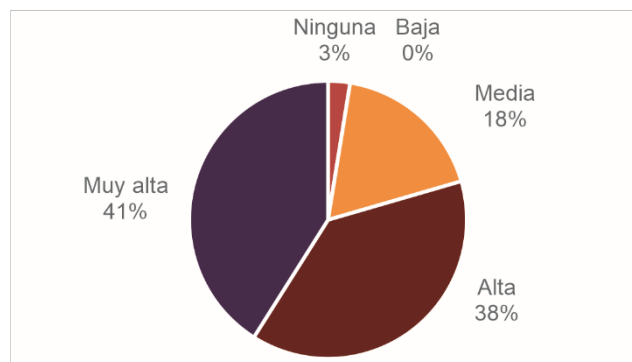


Figura 2 - Motivación e interés generada en los estudiantes.
Fuente: elaboración propia



Sumado a lo anterior se observa en las figuras 3 y 4 las valoraciones dadas al grado de percepción en que **aprenden de manera significativa** en equipo y al grado en que esta estrategia de aprendizaje les **permitió hacerlo de manera conjunta**.

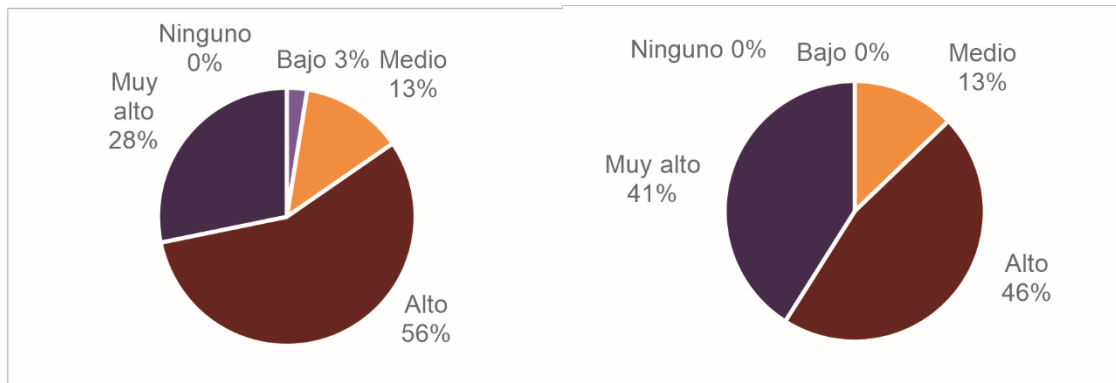


Figura 3 – Grado aprendizaje significativo
Fuente: elaboración propia

Figura 4 – Grado aprendizaje de manera conjunta
Fuente: elaboración propia

De los aspectos evaluados, surge una alta percepción de los estudiantes de la **mejora del aprendizaje**, un 84% de ellos considera entre muy alto y alto el aprendizaje significativo alcanzado y un 85% de ellos se vio favorecido en el aprendizaje de manera conjunta.

Otro aspecto para destacar en la **contribución del equipo al aprendizaje de los compañeros** es el grado en que el trabajo en equipo les permitió solventar las dificultades para el logro de los objetivos, en la figura 5 se desprende que un 92% de los estudiantes resuelven las dificultades entre siempre y la mayoría de las veces en el equipo de trabajo.

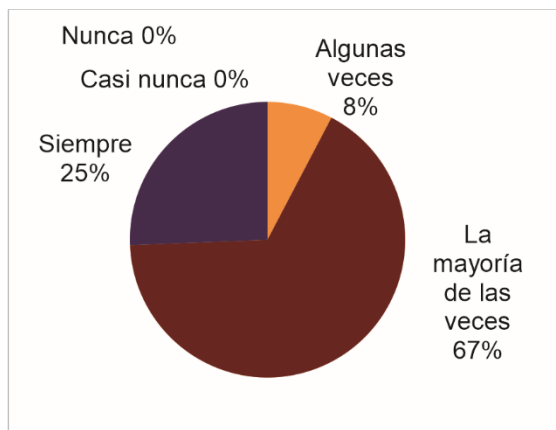


Figura 5 – Resolución de dificultades de manera conjunta
Fuente: elaboración propia

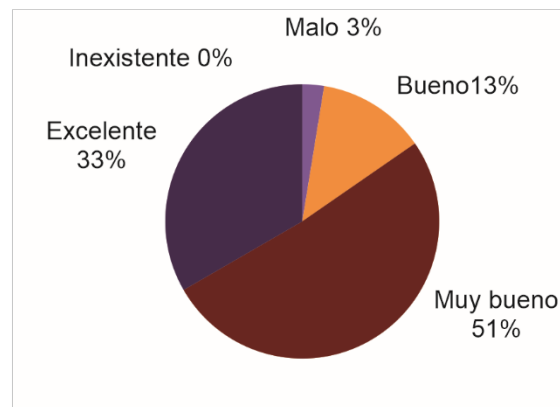


Figura 6 – Compromiso del equipo
Fuente: elaboración propia

En cuanto el **compromiso** alcanzado por los integrantes del equipo para el logro de los objetivos, en la figura 6 se indica un alto grado de desempeño, el 84% de los encuestados consideran entre un excelente y muy buen compromiso desarrollado.

Otro de los aportes importantes del aprendizaje colaborativo es que **favorece la integración de los estudiantes**. De la encuesta se desprende que un 51% de los estudiantes generaron y fortalecieron relaciones personales con los integrantes del equipo de manera excelente, un 46% de manera muy buena y solo un 3%, buena.

Las habilidades de **comunicación y para la toma de decisiones** también están presentes significativamente en el desarrollo de la estrategia. En la figura 7 se identifican las valoraciones dadas por los estudiantes en cuanto a **la escucha activa** y en la figura 8 la forma más empleada para resolver las situaciones. Anteriormente se mencionó la valoración en cuanto el **intercambio de ideas** para el logro de



los objetivos que también aporta a dichas habilidades.

Si bien se observa que el 18% de los estudiantes manifiesta que algunas veces no hay escucha activa entre los miembros y un 3% responden que nunca, se puede inferir desde el equipo docente algunas causas

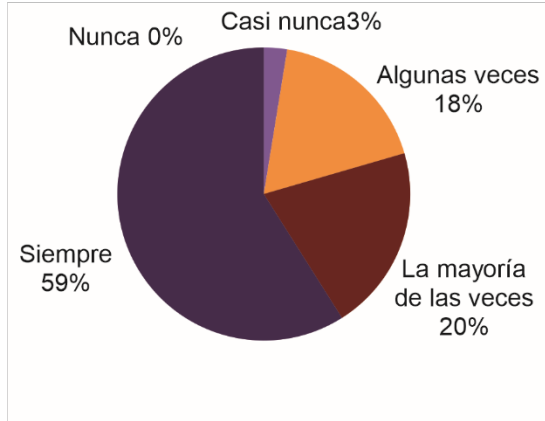


Figura 7 – Escucha activa entre los integrantes

Fuente: elaboración propia

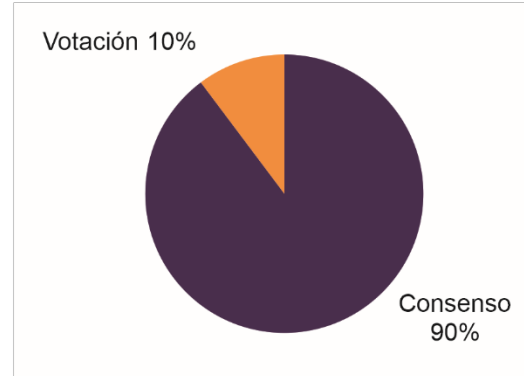


Figura 8 – Forma de decisión del equipo
Fuente: elaboración propia

referidas a personalidades avasallantes en los integrantes de los equipos y otras con mayor timidez que pueden generar estas situaciones.

Sin embargo, se observa un alto **grado de resolución de conflictos** dentro del equipo ya que un 97% de los participantes marcan que los conflictos se pudieron resolver siempre y la mayoría de las veces (64% y 33% respectivamente), y tan solo 3% casi nunca.

En cuanto a los principales motivos por el cual el aprendizaje en equipo resultó ser más beneficioso y atractivo se presentan en la figura 9:



Figura 9 – Motivos por el cual el aprendizaje en equipo es beneficioso
Fuente: elaboración propia

Se observa que los principales motivos se encuentran en línea con los aportes que la estrategia propone, principalmente la integración de diferentes miradas y puntos de vista, la sinergia, el aporte de idea y la complementariedad de los integrantes del equipo.

De las rúbricas de desempeño grupales surge también una valoración positiva del trabajo en equipo, el 20 % de los trabajos realizados se encuentra entre 70 puntos y 80 puntos considerando que alcanzaron de manera satisfactoria los objetivos, el 32% está por encima de los 80 puntos y menor a 90 puntos los alcanzaron muy satisfactoriamente y el 3.5% por encima de los 90 puntos cuya performance es considerada excelente.

Así mismo el desempeño de los estudiantes en el equipo a lo largo de la cursada, que evalúa asistencia, lectura previa del material, presentación y participación también arroja desempeños positivos ya que el 95% de los estudiantes presentan una performance mayor a 70 puntos que es lo considerado como satisfactorio. Si bien a la nota final del estudiante el aprendizaje en equipo le aporta la mitad del valor el equipo docente observa que se genera un fuerte impacto sobre la nota final beneficiándolo.



Puede observarse, en la mayoría de los ítems evaluados surge una experiencia y valoración positiva de la metodología y las estrategias de enseñanza en equipo coincidiendo en su mayoría con los aspectos pretendidos por el equipo docente. Por otro lado, es importante seguir trabajando en los aspectos metodológicos del enfoque colaborativo y del trabajo en equipo en cuanto a la planificación de las actividades, la responsabilidad por los resultados de las tareas individuales, la responsabilidad del proceso final del aprendizaje y el intercambio de ideas.

Estos fueron los principales resultados obtenidos de la encuesta realizada y otros dispositivos, otros aspectos analizados no resultaron significativos para este trabajo o exceden el objetivo del mismo.

4. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos se observa una alta valoración por parte de los estudiantes de la estrategia de aprendizaje elegida por el equipo docente.

Dentro de los aspectos más importantes a resaltar se encuentran:

- mayor interés y motivación en la forma de aprender generada por un mayor intercambio, debate de ideas y sinergia fruto del trabajo en equipo
- una implicancia más activa del estudiante en el proceso de aprendizaje al establecerse responsabilidades hacia sus pares y hacia su propio aprendizaje
- mayor comprensión de las temáticas en función de las diferentes formas de abordaje que se comparten en la dinámica de los equipos
- pensamiento crítico fomentado por los diferentes desafíos planteados a los equipos a lo largo de las actividades de la cátedra
- colaboración en el razonamiento y resolución de problemas como una de las principales fortalezas identificadas en los equipos
- interacción entre pares y contribución directa en el aprendizaje de los compañeros fomentada por el mayor compromiso que fomenta esta estrategia de aprendizaje
- desarrollo de capacidades comunicacionales como una ventaja de la estrategia de aprendizaje siendo una necesidad en la dinámica del trabajo en equipo
- generación de relaciones sociales animada por la propia metodología

Respecto al análisis de la metodología del enfoque colaborativo es importante resaltar que el mismo requiere conformación de equipos heterogéneos. Los equipos heterogéneos tienden a promover un pensamiento más profundo, un mayor intercambio de explicaciones y una mayor tendencia a asumir puntos de vista durante la tarea. Si bien no fue posible constituir equipos con estas características, ya que los mismos se generan en forma voluntaria, de los resultados de las encuestas de los estudiantes se destaca que los mismos percibieron diferentes miradas y complementariedad coincidiendo con la observación del equipo docente. Desde los resultados obtenidos y de la experiencia docente, se observan aspectos a seguir trabajando en los equipos.

Un punto importante para analizar son las reuniones de equipo, que son planificadas por el docente para ser realizadas en el horario de clase ya que no son verdaderamente efectivas, haciendo que el estudiante pierda tiempo y rol de tutor que es quien los acompaña en el proceso de aprendizaje sea menos presente. Desde el equipo docente se anhela contar con aulas taller y se reclama constantemente esta necesidad a las autoridades de la facultad.

Otro aspecto a trabajar es la mejora de los aspectos de planificación y división de tareas en el equipo, pero con un compromiso mayor de consensuar los resultados de la subdivisión tareas, así como la responsabilidad en el proceso final del aprendizaje. Es otro desafío que deberá abordarse en forma intra e inter-asignatura para que puedan aplicar en su propias prácticas metodologías e instrumentos de planificación que aprenden durante toda la carrera.

El tercer aspecto, aunque en menor porcentaje de impacto es el abordaje de la escucha activa dentro de los equipos ya que si bien la valoración global es buena, al pensar en un aprendizaje centrado en el estudiante es fundamental identificar estrategias que permitan resolver inconvenientes puntuales de comunicación dentro de los equipos.

Sin embargo, más allá de los aspectos identificados para planificar acciones de mejora es importante resaltar que la valoración de la estrategia de trabajo en equipo tiene una valoración muy buena en forma general por todos los estudiantes y que es compartida por el equipo docente.

Competencia fundamental que es importante desarrollar no sólo en el ámbito académico, sino que permite generar intervenciones que favorezcan el desarrollo de competencias en un futuro ingeniero que requerirá insertarse en un ámbito laboral signado por el trabajo interdisciplinario, especialmente para aquellos que pretendan a dedicarse a la gestión de las organizaciones.

Por otro lado, si nos enfocamos en la temática, las prácticas de gestión de la calidad y la mejora continua requieren aptitudes y habilidades que no sólo le permitan participar sino ser facilitadores de los equipos de trabajo en su futuro desarrollo profesional.

5. REFERENCIAS.

- [1] Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo
- [2] Carretero, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y aprendizaje Constructivismo y educación*. México: Progreso.
- [3] Johnson, D.W., Johnson R.T., and Smith, K.A. (1991) *Cooperative Learning Increasing College Faculty Instructional Productivity*. ASHE – FRIC. Higher Education Report. Nro.4 Washington D.C.:School of Education and Human Development, George Washington University, 1991
- [4] Maldonado Pérez, Marisabel (2007). *El trabajo colaborativo en el aula universitaria*. Laurus, vol. 13, núm. 23, pp. 263-278 Universidad Pedagógica Experimental.
- [5] Rodríguez Sánchez, Carlos Javier (2015) *Ambientes de aprendizaje colaborativo en comunidades artístico-pedagógicas*. Tesis En <https://eprints.ucm.es/33063/>
- [6] Zañartu C., L. M. (2003) *Aprendizaje colaborativo: una nueva forma de Diálogo Interpersonal y en Red*. Contexto Educativo. Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías. N 28, año V. Consultado el 10 de abril del 2005, en <http://contexto-educativo.com.ar/2003/4/nota-02.htm>
- [7] Moral Santaella, C., Rodríguez Entrena, Mª J. y Romero López, Mª A. (2009). *Enseñanza mediante trabajo en grupo colaborativo/cooperativo*. [
- [8] Millis, B. J., Gotell Jr., P. G. (1998). *Cooperative learning for higher education faculty*. Phoenix (Arizona): American Council on Education and The Oryx Press.
- [9] Brufee, K.A. (1995) *Sharing our toys. Cooperative Learning vs Collaborative Learning: Change*, 27 (1), pp. 12-18. Disponible en <http://www.istor.org/stable/40165162>
- [10] O. Revelo-Sánchez, C. A. Collazos-Ordoñez, y J. A. Jiménez-Toledo, El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *Tecnológicas*, vol. 21, no. 41, pp. 115-134, 2018.
- [11] Lledó Carreres T. María Perandones González (2011). *Hacia una cultura colaborativa entre el profesorado universitario. revisión y fundamentación teórica del trabajo colaborativa*. Volumen 1 Capitulo 7 Departamento de Psicología Educativa y Didáctica Facultad de Educación Universidad de Alicante- El trabajo colaborativo como indicador de calidad del Espacio Europeo de Educación - Universidad de Alicante - Superior Editorial Marfil, S.A
- [12] Panitz, T., y Panitz, P. (1998). *Encouraging the Use of Collaborative Learning in Higher Education*. En J. J. Forest (Ed.), *Issues Facing International Education*. New York: Garland Publishing
- [13] Johnson, D, Jhonson, R y Jhonson, E (1999). *Los nuevos círculos de aprendizaje*. Buenos Aires. Aique Grupo editor. 1º ed.
- [14] Bailén. M. C, García Bernabeu J.R. (2011). *Las wikis como herramienta en el trabajo colaborativo*. Volumen 1 Capitulo 7 Departamento de Psicología Educativa y Didáctica Facultad de Educación Universidad de Alicante- El trabajo colaborativo como indicador de calidad del Espacio Europeo de Educación - Universidad de Alicante - Superior Editorial Marfil, S.A.
- [15] Senge, Peter M. (1990). *La quinta disciplina* Granica, Ediciones, S.A.
- [16] Ishikawa, Kaoru. (1994) *Introducción al control de calidad*. Editorial Diaz de Santos.
- [17] Crosby, Philip B. (1997). *Quality is free. the art of making quality certain*. McGraw Hill Book Company ©. Primera edición.
- [18] Deming, W. E (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Editorial Diaz de Santos.
- [19] Brocka, B.; Brocka, M.S. (1994). *Gestión de la Calidad: cómo aplicar las mejores soluciones de los expertos*. Editorial Vergara.
- [20] Abbate E., Espinosa S. (2005). *La producción del video en el aula* de Susana Espinosa. Ediciones Colihue SRL, Buenos Aires.
- [21] Peleteiro, M. R. (2006). *El juego en la Educación Ambiental*. Aula Verde, 30, 12-13. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnico_s/aula_verde/av30.pdf
- [22] López Caballero, Alfonso (1997). *Iniciación al análisis de casos, una metodología activa de aprendizaje en grupos*. Bilbao, España: Ediciones Mensajero S. A.
- [23] Davini, María Cristina (2009). *Métodos de Enseñanza. Didáctica general para maestros y profesores*. Buenos Aires: Editorial Santillana.

Propuesta de implementación de curso-taller complementario de automatización mediante PLC para estudiantes de ingeniería industrial

Ibarreta Fañanas, Adriana L.*; Bahamonde, Pablo J.*; Villagrán, Camila M.R*.

**Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. Inmigrantes N° 555, Río Gallegos, Santa Cruz. libarretaf@frsc.utn.edu.ar.*

RESUMEN.

En la industria actual el PLC (Controlador Lógico Programable) constituye un dispositivo fundamental para todo proceso que involucre automatización y control, siendo su dominio una competencia requerida frecuentemente en las búsquedas laborales de profesionales para este sector. Sin embargo, en el Plan de Estudios de Ingeniería Industrial de la UTN no se cuenta con una materia específica que brinde a los alumnos las bases para conocer y aprovechar el potencial de estos dispositivos.

En 2018 la UTN-FRSC se incorporó a la red educativa internacional EduNet, mediante la cual recibió una donación de seis equipos completos de PLC de la empresa Phoenix Contact, idénticos a los que se utilizan en la industria a nivel global. Se propone aprovechar este equipamiento para la implementación de un curso-taller complementario y optativo, en modalidad cuatrimestral, destinado a alumnos de ingeniería industrial, que desarrolle competencias en programación y automatización y control para resolver problemas locales mediante esta tecnología PLC. Esto ayudará a que los futuros profesionales tengan contacto con este tipo de equipos durante su formación.

La propuesta se articulará alrededor de un caso concreto de aplicación, surgido de demandas detectadas por la Facultad, que irá cambiando año a año, siendo el primero un Control Ambiental para el Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia de la Patagonia Austral, ubicado en la ciudad de Río Gallegos.

Palabras Claves: Curso-taller Práctico, Automatización, PLC, Ingeniería Industrial.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

Nowadays PLCs (Programmable Logical Controllers) have a fundamental roll in all industrial process related with automatization and control, being its handling a required skill for professionals in this area. However there are no subjects in the study program of Industrial Engineering at the UTN to specifically give to the students the bases to learn about these devices.

In 2018 the UTN-FRSC was incorporated to the EduNet net, thanks to the donation of six PLC kits from Phoenix Contact company, just like the ones that are used at the industrial environment worldwide. In this article we propose the realization of an optative workshop, four month long, intended for Industrial Engineering students, which will include programming, automatization and control, aimed to solve local problems using the PLCs technology. Being in contact with this kind of devices, during education, will help the formation of future professionals.

This proposal will include an application case of local impact, detected by the University, being the first workshop case an Environmental Control for the Nuclear and Radiotherapy Medical Center of the Patagonia Austral, located Río Gallegos city.

1. INTRODUCCIÓN

Al igual que en innumerable cantidad de áreas, la industria hace décadas está tendiendo a la automatización de sus procesos, agregando “inteligencia” a sus máquinas, aumentando su capacidad de producción y rendimiento. La incorporación de Controladores de Lógica Programable, más conocidos como PLC, permiten aportar esta “inteligencia” que se desea dar a los procesos industriales, sin necesidad de cambiar la maquinaria que se utiliza [1-4]. Por esta razón es que su implementación, comprensión y programación es tan importante en la industria actual, haciendo de estos una herramienta de uso primordial, que a pesar de ser aplicada hace años, continuó modificándose tanto en operación como en aplicaciones. Si bien la UTN-FRSC contaba previamente con equipos de estas características (Siemens S-7 200), la velocidad con que estas herramientas evolucionan hacen que éstos no sean comparables con los que manejan actualmente las grandes industrias a los que nuestros alumnos aspiran, requiriéndose de una actualización tanto de la interface de programación como de prestaciones operativas tales como capacidad de procesamiento, memoria, conectividad a la nube, etc.

A mediados del 2018 la UTN Facultad Regional Santa Cruz recibió una donación de seis (6) equipos de PLC (Controlador lógico programable) en formato Kit para educación de la empresa internacional Phoenix Contact como parte de la red de educación EduNet de la misma empresa.

En una de las carreras de grado que dicta nuestra Facultad, Ingeniería Electromecánica, se han llevado a cabo ejercitaciones en tres materias con dicho equipo, y se observó que ha sido simple y exitosa su implementación y aprendizaje por parte de los alumnos. Por la diagramación de la currícula, estos equipos podían utilizarse en materias de automatización y derivadas correspondientes al cuarto y quinto año de la carrera.

La razón de esto radica en que los alumnos cuentan con las herramientas básicas para comprender y utilizar el software correspondiente a los PLC; esta base de conocimientos permitió que su implementación fuese sencilla.

A principio del ciclo lectivo 2019, muchos alumnos de la carrera que aún no se han graduado pero que habían cursado las mencionadas materias antes de la donación, plantearon el interés de tener la oportunidad de poder hacer uso de esta herramienta con asistencia docente. Esta misma inquietud vino desde los estudiantes de Ingeniería Industrial, quienes tienen una currícula distinta que no contempla de manera explícita la formación en esta tecnología, y que además no cuentan con la misma base respecto a la automatización que los alumnos de Ingeniería Electromecánica.

Es así que un grupo de docentes de la Facultad toma el reclamo y lo transforma en un desafío, proponiendo la realización de un curso-taller destinado tanto a los alumnos de Electromecánica que no pudieron participar del entrenamiento práctico para utilizar los PLC donados, como a alumnos del 4to y 5to año de Ingeniería Industrial, fundamentándose en que por las características y demandas actuales de la industria, es de vital importancia que nuestros graduados de ingeniería tengan competencias en lo que respecta a programar, diseñar y utilizar circuitos con PLC como el donado a la universidad.

1.1. Equipamiento adquirido.

La donación consistió en seis equipos de PLC de última generación en formato de kit de entrenamiento modelo AXV Trainer 1050PN (Figura 1), cada Kit posee un control axial para el sistema de mando directo (el mencionado PLC) modelo Axiocontrol AXC 1050 (Figura 2), dos módulos, uno de entradas digitales (Módulo 2688310) y otro de salidas (Módulo 2688349) y el acoplador de Bus Modbus/TCP Axiline F Modelo AXL F BK PN.

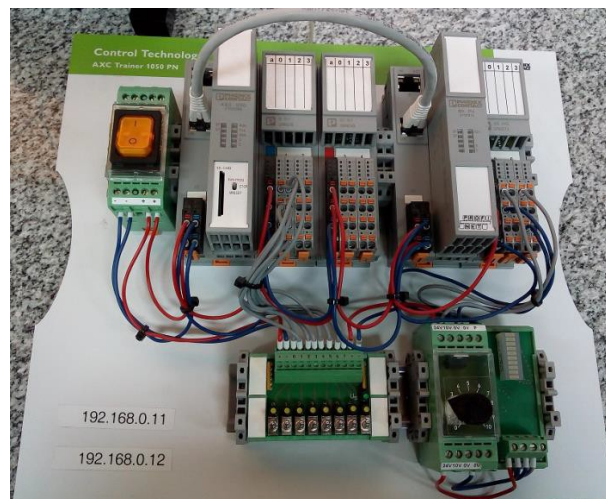


Figura 1 Kit de entrenamiento donado AXV Trainer 1050PN



Figura 2 PLC Axioccontrol AXC 1050

El kit también cuenta con varios interruptores para simular contactos abiertos y cerrados, y un potenciómetro con escala luminosa para el ingreso de una variable numérica analógica con fines didácticos.(Figura 3)

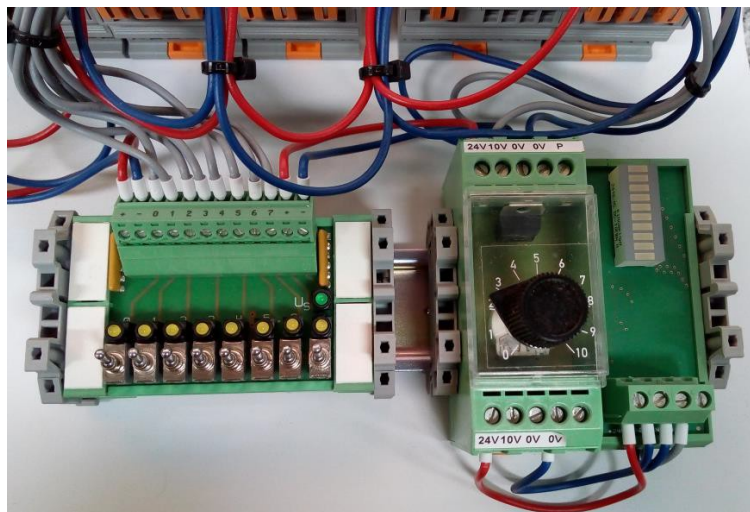


Figura 3 Entradas y escala luminosa con fines didácticos

Además de los kits de entrenamiento, se donó separadamente un Switch board capaz de realizar conexiones tipo Ethernet entre los diferentes equipos (Figura 4).



Figura 4 Módulo de switch individual.

También se nos proveyó con seis licencias oficiales del software PC WORX de Phoenix Contact, con el cual

se puede realizar la programación del equipo en cinco lenguajes de programación diferentes, tres textuales y dos gráficos, lo que facilita tanto su aplicación como su estudio (Figura 5). Este Software puede descargarse gratuitamente para realizar la programación, pero debe contarse con licencia para poder enviar la programación al PLC.

Finalmente se dio acceso a la universidad a la red EduNet, una plataforma online mundial, donde los docentes de todas las universidades que recibieron la donación de equipos pueden compartir experiencias, prácticas y consultas del uso de los kits de entrenamiento.

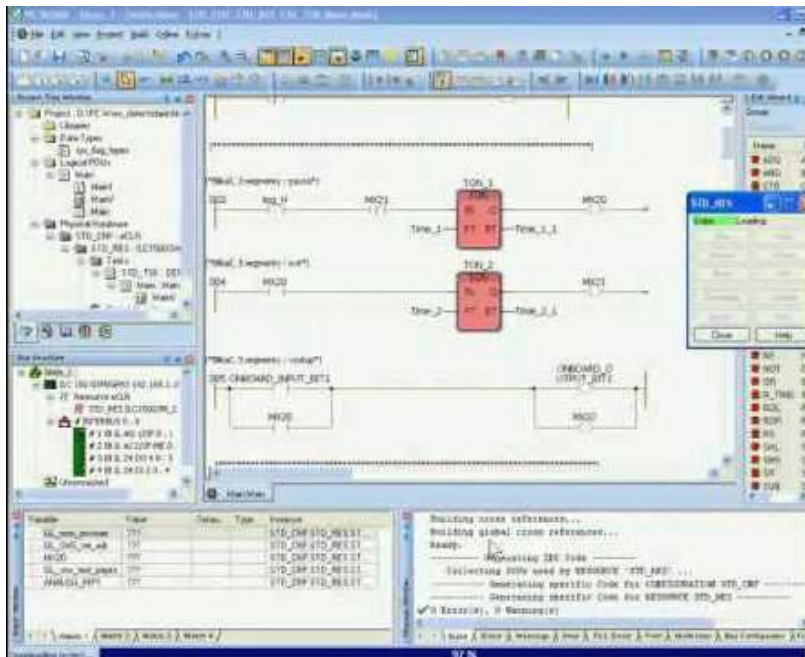


Figura 5 Interface del software PC WORX con el que se programan los PLC.

En su totalidad la donación permitió la apertura de un laboratorio de control apto para que los alumnos de la Facultad puedan graduarse conociendo el manejo de herramientas de última tecnología como las utilizadas en la industria mundial actual.

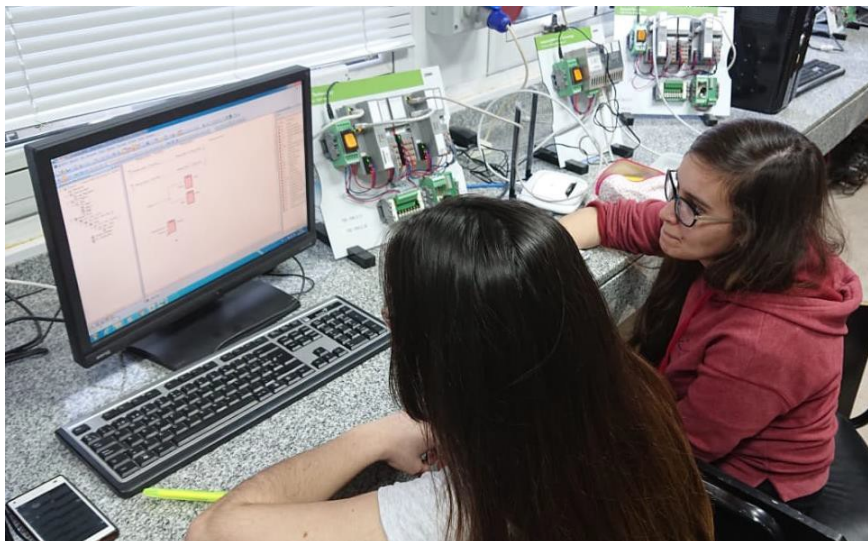


Figura 6 Alumnas de quinto año de la carrera Ingeniería Electromecánica realizando la programación de un PLC.

2. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

La estrategia que se pretende seguir es articular la propuesta como un aula-taller, un espacio que dé lugar a un ida y vuelta entre alumnos y docentes, dando la oportunidad al alumno de aprender a través de la práctica y el intercambio entre compañeros y con el docente. Basándonos en eso y en el contenido a abordar, se dividió en 6 clases de 3hs cátedra cada una además de una reunión final donde se expondrán los resultados obtenidos al final del taller tendiente a dictarse en un cuatrimestre.

Cada clase se articulará de misma forma, partiendo de la base de una síntesis teórica del tema, ya que siendo estudiantes de ingeniería cuentan con las herramientas conceptuales y metodológicas necesarias

para encarar el aprendizaje de este tema, seguido de la visualización de ejemplos para afianzar los contenidos dado que el contenido es mayormente práctico, y finalmente el trabajo en grupo a partir de ejercicios (esta modalidad no sólo facilitará la distribución de los alumnos en los equipos, sino que también ayudará al intercambio entre alumnos en caso de presentarse dudas).

La facultad cuenta con una plataforma Moodle para e-learning (poner referencia a <http://frsc.cvg.utn.edu.ar>), en la que se podría disponer de un espacio de aula virtual para su utilización como recurso pedagógico complementario. Dado que las tareas propuestas en el taller son de índole práctico, y que los tiempos de resolución pueden sobrepasar las horas cátedras presenciales destinadas al taller, se propone la utilización de este espacio virtual para la interacción con el docente y entre pares, así como la realización de consultas en la modalidad de foro. También se subirán al entorno tutoriales básicos de los programas que se utilizarán en el taller

2.1. Marco teórico y metodología.

El aula-taller se divide en tres momentos: actividad inicial, síntesis informativa o desarrollo del marco teórico, y actividades de afianzamiento, integración y extensión. [5]

La actividad inicial tiene como objetivo motivar y centrar la atención del alumno en el tema que se desarrollará. Dado que esta propuesta de taller ha nacido de la inquietud de los alumnos basta con resumir las posibles aplicaciones del equipo que aprenderán a utilizar y las salidas laborales que éste puede otorgarles.

La síntesis informativa o desarrollo, orienta y guía al alumno en la elaboración del conocimiento. Se pretende que este momento sea meramente introductorio en el tema, ya que dadas las características prácticas del tema a abordar, se pretende que el alumno reciba la información necesaria a su manera guiándolo a través de la práctica. Cabe recordar que en esta estrategia de enseñanza el docente es meramente un facilitador, un guía del conocimiento y no un actor principal.

Actividades de integración, síntesis y extensión: existen varias técnicas puntuales que pueden utilizarse en esta etapa (el brainstorming o torbellino de ideas; trabajo en subgrupos; mesa redonda; elaboración de itinerarios/hojas de ruta, mapas conceptuales, etc.), pensando principalmente en el número de alumnos con los que se va a trabajar, teniendo en cuenta que los cursos avanzados de nuestra universidad cuentan con un número promedio de 10 alumnos, pueden aplicarse diferentes técnicas que con otro número de alumnos puede dificultarse. Se pretende en cada caso, trabajar directamente sobre el software, permitiendo que el alumno haga uso de las TICs que le sean necesarias, como puede ser la búsqueda de información complementaria por internet o revisando videos instructivos que complementen con la introducción al conocimiento otorgada por el docente.

La idea del acceso al conocimiento y a estas herramientas es permitirle que alumno reelabore, re-trabaje, y recree el marco teórico.

2.2. Plan de trabajo.

El presente taller se pretende concentrar en un cuatrimestre. Como se mencionó anteriormente estará articulado en seis clases de tres horas cátedra cada una con una exposición final de una hora reloj al final del taller, donde los contenidos ofrecidos serán los siguientes:

2.2.1 Clase 1: Introducción a los conceptos de control y automatización

- Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Introducción al control y automatización. Presentación general del equipo a utilizar a lo largo del taller.
- El objetivo de la clase es: que los alumnos se familiaricen con los conceptos principales del control y la automatización y comprendan el raciocinio que conlleva a la búsqueda de la aplicación de un bucle de control.
- Y las actividades constan en: Resolución de problemas básicos de control en grupos de dos o tres alumnos.
- El recurso utilizado será: Control IP software libre.

La elección de este recurso fue: Porque es una herramienta gratuita fácil de descargar y de visualizar, no se utilizará en su totalidad pero servirá para generar ejemplos que los alumnos podrán entender.

2.2.2 Clase 2: Lógica booleana

- Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Introducción a la lógica digital.
- El objetivo de la clase es: que los alumnos comprendan la función de las compuertas lógicas principales y su combinación.
- Y las actividades constan en: seguimiento lógico de circuitos digitales con compuertas en grupos de dos o tres alumnos.
- El recurso utilizado será: Logisim software libre.
- La elección de este recurso fue: porque es simple de entender y utilizar aún para aquellos que no poseen las bases de la lógica digital.

2.2.3 Clase 3: Presentación PLC y herramientas a trabajar

-Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Introducción al PLC, usos y aplicaciones en la industria moderna.

-El objetivo de la clase es: que los alumnos comprendan la importancia de los PLC herramienta en la que se basa el presente taller y las posibles aplicaciones que posee en diferentes ambientes.

-Y las actividades constan en: Familiarización con el equipo de PLC con el que se trabajará el resto del taller.

- El recurso utilizado será: el software PC Worx y los kits de PLC donados.

- La elección de este recurso fue: que habiendo adquirido los conocimientos básicos en las clases anteriores, los alumnos ya están en condiciones de ponerse en contacto con el equipo a programar y conocer sus funciones.

2.2.4 Clase 4: Programación en Diagrama de contactos (Ladder Diagram)

-Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Programación en lenguaje Ladder

-El objetivo de la clase es: comprensión, uso y programación en el lenguaje gráfico Ladder.

-Y las actividades constan en: Resolución de problemas en el lenguaje gráfico Ladder en grupos de dos o tres.

- El recurso utilizado será: el software PC Worx y los kits de PLC donados.

- La elección de este recurso fue: pasar el conocimiento adquirido a la aplicación para su comprensión total y asimilación.

2.2.5 Clase 5: Programación en Diagrama de bloques de función (Function Block Diagram)

-Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Programación en diagrama de bloques de función.

-El objetivo de la clase es: comprensión, uso y programación en el lenguaje gráfico de bloques de función.

-Y las actividades constan en: Resolución de problemas en el lenguaje gráfico de bloques de función en grupos de dos o tres.

- El recurso utilizado será: el software PC Worx y los kits de PLC donados.

- La elección de este recurso fue: pasar el conocimiento adquirido a la aplicación para su comprensión total y asimilación, permitiendo que alumno pueda comparar este proceso de programación con el presentado en la clase anterior y arribar a sus propias conclusiones respecto a cuál es más indicado para una determinada aplicación, siempre que corresponda.

2.2.6 Clase 6: Proyecto final

-Partiendo de un contenido o unidad de aprendizaje: Todo lo aprendido hasta el momento en el taller.

-El objetivo de la clase es: que los alumnos puedan resolver un problema de la vida real, en particular un caso de estudio que cubre una necesidad regional.

-Y las actividades constan en: Resolución de un problema puntual dado por el docente, que se deberá resolver por alguno de los dos lenguajes gráficos aprendidos en el taller. En este punto si los alumnos presentaran algún caso de interés particular también podrá ser llevado a cabo por aquellos que lo deseen.

- El recurso utilizado será: el software PC Worx y los kits de PLC donados.

- La elección de este recurso fue: hacer uso del equipo de manera consiente para resolver un caso de la vida real, debiendo hacer uso de todas las estrategias enseñadas a lo largo del taller.

2.2.7 Exposición proyecto final

Este espacio se utilizará para realizar la exposición final por parte de cada grupo, de carácter oral, acompañado una presentación demostrando la solución propuesta. Se hará por grupos, permitiendo el intercambio entre alumnos, generándose debate en caso de existir diferentes resoluciones al mismo problema. Finalmente se solicitará una retroalimentación por parte de los alumnos acerca del taller, para posteriores cambios y reordenamiento del programa [6]. Tendrá una carga de una hora reloj.

3. CASO DE ESTUDIO. CENTRO DE MEDICINA NUCLEAR Y RADIOTERAPIA DE LA PATAGONIA AUSTRAL.

En la bibliografía "El estudio de casos como método de la enseñanza" [7], la autora señala que los casos son en realidad materiales curriculares que demandan a los estudiantes un procesamiento mental de orden superior y los inducen a reflexionar sobre los puntos importantes del curriculum. De acuerdo con lo mencionado y teniendo en cuenta la importancia de poder garantizar al finalizar el curso que el alumno será capaz de resolver casos reales, similares a los que se enfrentará en su vida laboral al graduarse, es que se tomó la decisión de trabajar con un caso real de nuestra comunidad, al alcance de los alumnos.

Se pretende año a año variar el caso tratado para estimular a los alumnos.

También se propondrá ofrecer la oportunidad a los alumnos de plantear sus propios casos a resolver en caso de contar con interés y que el reto tenga un equilibrio entre factibilidad y dificultad suficiente para demostrar que el alumno hace un buen uso de las herramientas enseñadas.

Esta propuesta, correspondiente al primer año de curso se completa con un control de temperatura para el Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia de la Patagonia Austral, inaugurado hace un año (2 de Agosto de 2018) en la ciudad de Río Gallegos. Se trata de un edificio donde se ofrecen servicios asistenciales de salud en diagnóstico y tratamiento de patologías oncológicas y cardíacas entre otras.

Dadas las características del Centro de Medicina Nuclear, con salas de espera, espacios administrativos,

salas de tratamiento y de equipos, demanda un correcto control de la temperatura ambiente, debiendo tener en cuenta que ciertas salas y espacios administrativos deben tener una temperatura neutra (entre 23°C y 25°C), en las zonas donde se trata a los pacientes o se espera que haga efecto al medicación debe tener mayor temperatura (zonas cálidas), mientras que los equipos necesitan bajas temperaturas para asegurar su refrigeración y buen funcionamiento (zonas frías).

La figura 7 muestra un esquema general del Centro de Medicina donde se destacan las zonas cálidas en color rojo y frías en color azul.

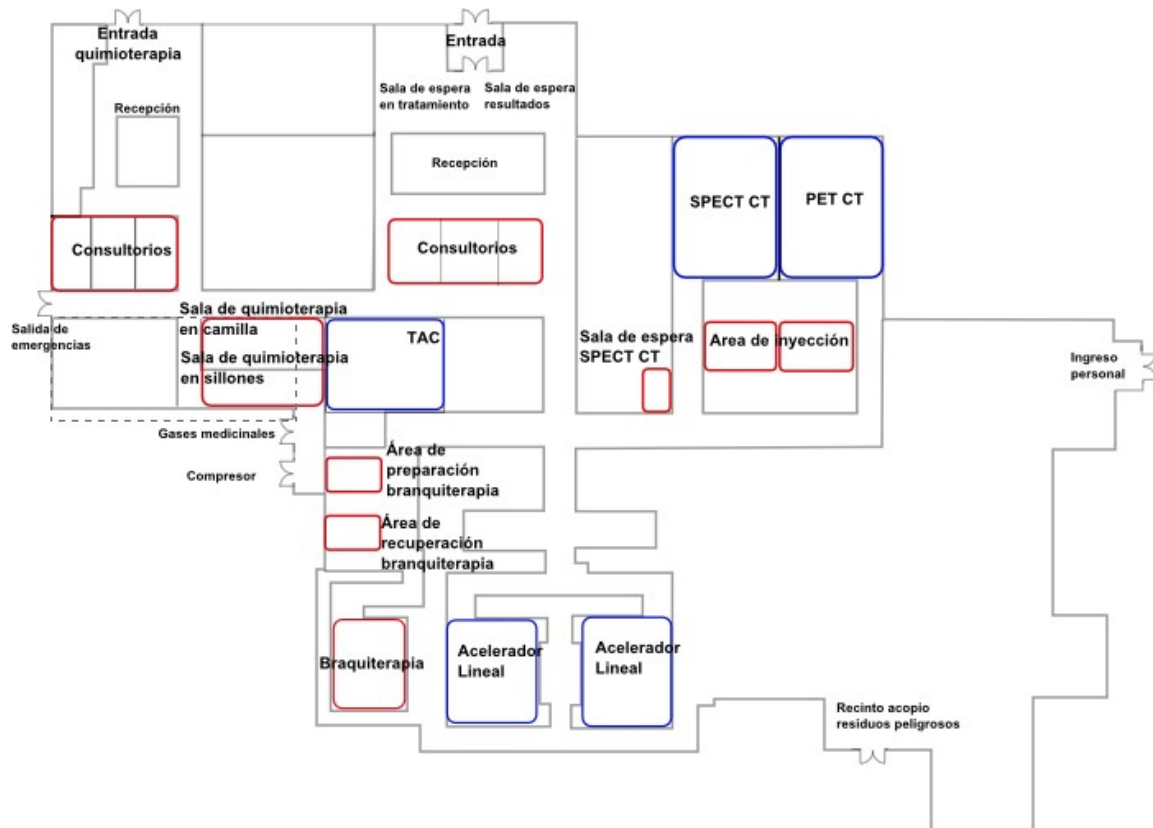


Figura 7 Esquema del Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia de la Patagonia Austral.

La resolución del problema planteado es simple, a pesar de lo complejo de su entorno. A continuación, en la figura 8, se muestra parte de una posible solución gráfica, que también se compartirá con los alumnos el día de la exposición.

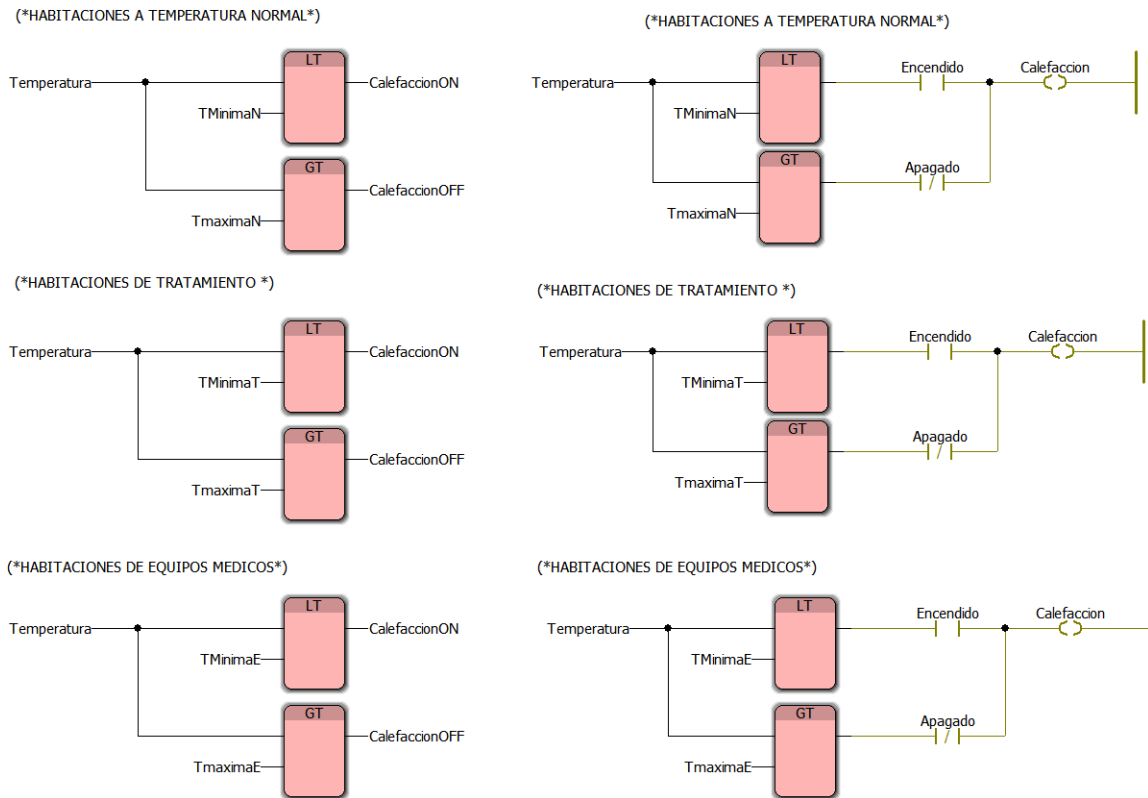


Figura 78 Posible solución al problema final en Diagrama de bloques de función y Diagrama Ladder.

En la columna izquierda puede verse la solución para cada zona de temperatura en lenguaje de programación en diagrama de bloques de función, mientras que en la columna derecha se muestra la misma solución en Diagrama Ladder o de contactos. Cada solución implica un bloque de decisión, en este caso un comparador, que actúa si la temperatura se encuentra fuera de los límites programados (Tmínima y Tmáxima), encendiendo o apagando el sistema de calefacción.

4. CONCLUSIONES.

Considerando que en la actualidad se cuenta con todos los elementos, herramientas y espacios necesarios para la realización del taller propuesto, el interés por parte del alumnado es real y se tiene profesionales capacitados dispuestos a brindarlo, se pretende concretar la primera edición durante el primer cuatrimestre de 2020, quedando sujetos a los resultados obtenidos de la experiencia para compartirlos en la posteridad, pudiendo ser esta idea adoptada por cualquier otra universidad que cuente con el mismo equipamiento. Se espera que de los encuentros del taller salgan a la luz nuevas propuestas de casos a resolver utilizando lógica de control programable y se conozcan otras necesidades con las que cuenta la comunidad que en la actualidad no han sido tenidas en cuenta.

La primordial finalidad del taller es poder lograr ese flujo de información en ambos sentidos, para que tanto los realizadores del taller como los alumnos se vean enriquecidos de la experiencia educativa.

5. REFERENCIAS.

- [1] Sadat, Sayed Abdullah; Sreesobha, E.; Prasad, P.V.N. (2018) "Power Factor Correction of Inductive Loads using PLC" *International Conference on Electrical Engineering and Computer Sciences*. Hong Kong.
- [2] Barz, C.; Todea, C.; Latinovic, T.; Preradovic, D.M.; Deaconu, S; Berdie, A. (2016) "Intelligent traffic control system using PLC" *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 144, conference 1*.
- [3] Pawar, Abhishek; Pawar, Karishma ; Desai, Piyush. (2017) "Fault Detection of Induction Motor by Using PLC" *HCTL Open International Journal of Technology Innovations and Research (IJTIR) Volume 24, Issue 2, April 2017, e-ISSN: 2321-1814*.
- [4] Huh, Jun-Ho; Koh, Taehoon; Seo, Kyungryong. (2016) "Design of a Shipboard Outside Communication Network and the Test Bed Using PLC: for the Workers' Safety Management During Ship-Building process" *IMCOM '16 Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication Article No. 43*. Danang, Viet Nam.
- [5] Bongarrá, Carolina. (2010) "El aula-taller como estrategia de enseñanza" *XVIII Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación 2010. Año XI, Vol. 14, Agosto 2010*. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Eggen, Paul D.; Kauchak Donald P. (1999) *Estrategias Docentes*. Segunda edición. Fondo de Cultura Económica. Argentina.
- [7] Wassermann, Selma (1994) *El estudio de casos como método de enseñanza*. Buenos Aires. Amorrortu Editores. Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Ing. Priscila Coronado, por responder nuestras dudas acerca del Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia de la Patagonia Austral, y al Dr. Leandro Socolovsky, Secretario de Ciencia y Tecnología de la UTN FRSC.

La inserción de TIC en el aula a través de juegos educativos

D'Onofrio, María Victoria; Mackenzie, Mauricio Javier; Dimarco, Darío Maximiliano;
Morcela, Oscar Antonio*

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 430, Mar del
Plata. omorcela@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN.

La inserción de TIC es cada vez más frecuente y demandada en enseñanza universitaria. Con el acceso a la tecnología en los establecimientos educacionales y en forma personal, se presenta el desafío de innovar insertando TIC, renovando la docencia y acercando la educación formal y el trabajo en el aula, a la educación informal y recursos disponibles en la web. La incorporación constituye una innovación si se la hace acompañada de metodologías centradas en el alumno. En este artículo se presenta la experiencia del desarrollo de una actividad lúdica en el aula en una asignatura del último año de la carrera de Ingeniería Industrial. Este juego es parte del aprendizaje del tema abordado oportunamente en la asignatura y también relaciona competencias cognitivas y genéricas que el estudiante de Ingeniería Industrial debe adquirir y/o desarrollar a lo largo de su carrera. En este marco, se aplica un juego educativo utilizando un servicio web de educación social y gamificada denominado Kahoot!. Consiste en un tablero con preguntas y 4 posibles respuestas tipomultiplechoice, que los estudiantes deben contestar ingresando desde un enlace web en sus dispositivos electrónicos. La importancia de la experiencia reside en que los estudiantes demostraron entusiasmo y atención desde el inicio de la clase, y predisposición para participar en el juego, desarrollando así capacidades en competencias de egreso: desempeño efectivo en equipos de trabajo, comunicación efectiva y toma de decisiones.

Palabras Claves: TIC, Educación Universitaria, metodologías, Kahoot!.

ABSTRACT

The insertion of ICT is increasingly frequent and demanded in university education. With access to technology in educational establishments and in a personal way, the challenge is to innovate by inserting ICT, renewing teaching and bringing formal education and work in the classroom, to informal education and resources available on the web. The incorporation constitutes an innovation if it is accompanied by student-centered methodologies. This article presents the experience of the development of a recreational activity in the classroom in a subject of the last year of the Industrial Engineering degree. This game is part of the learning of the subject approached in a timely manner in the subject and also relates cognitive and generic skills that the Industrial Engineering student must acquire and/or develop throughout his career. In this framework, an educational game is applied using a social and gamified web education service called Kahoot!. It consists of a board with questions and 4 possible multiple choice answers, which students must answer by entering from a web link on their electronic devices. The importance of the experience is that the students showed enthusiasm and attention from the beginning of the class, and willingness to participate in the game, thus developing skills in graduation skills: effective performance in work teams, effective communication and decision making.

1. INTRODUCCIÓN.

El diseño y uso de TIC para innovación en la enseñanza centrada en el alumno ofrece una instancia para renovar las prácticas docentes e invita a reflexionar respecto de la forma de concebir el proceso de enseñanza-aprendizaje y el rol que en este proceso juegan los estudiantes, los profesores, las tecnologías, las metodologías, los materiales, entre otros [1]. La necesidad de considerar este contexto tecnológico en las curriculas universitarias ha generado la transformación de las instituciones de Educación Superior con cambios en la manera de enseñar y de aprender, lo que implica tener en cuenta competencias digitales, las cuales se caracterizan por ser activas, dinámicas y participativas.

Dentro de los instrumentos habituales con predominio de actividades prácticas y aplicados a la evaluación formativa, se encuentra la gamificación, con la que se pretende la participación activa de los estudiantes a través del juego y la construcción conjunta del conocimiento. Salinas advierte que esto supone un cambio de los entornos convencionales de formación y de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en el que los roles de los docentes y los estudiantes también resultan modificados [2]. Concretamente, respecto a estos últimos, las TIC suponen una intensificación de la participación activa en el proceso de aprendizaje, que es lo que se necesita para hacer frente al actual problema de ausentismo y desinterés.

Entre las herramientas digitales disponibles y gratuitas se encuentra Kahoot!, que representa una nueva generación de sistemas de respuesta con su foco principal en la motivación, la participación y el compromiso de los estudiantes a través de gamificación [3]. Prensky considera que este tipo de juegos también se pueden utilizar para enseñar habilidades, juicios de valor, comportamientos, teorías, razonamiento, procedimientos, creatividad, idiomas, observación y comunicación con diversos enfoques [4]. Muñoz explica que Kahoot! es una aplicación digital totalmente gratuita, creada para llevar los principios de la gamificación a las aulas [5]. Se trata de una plataforma de aprendizaje mixto basado en el juego, que fomenta la atención y participación del estudiante a través de preguntas y respuestas generadas por el profesor y proyectadas para que los alumnos las respondan desde sus dispositivos, que hace que se sientan partícipes de un enorme juego, fomentando su grado de implicación. Esto permite a los educadores y estudiantes investigar, crear, colaborar y compartir conocimientos. Además, se ha verificado que los estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional de Mar del Plata, aprenden mayoritariamente impulsados por objetivos del contexto de aprendizaje en que se encuentran inmersos (ya sea un asignatura o programa de formación), pero principalmente situados en el corto plazo, y que la motivación principal para el aprendizaje se relaciona con el involucramiento personal y emocional en la tarea [6].

El objetivo del presente trabajo consiste en transmitir la experiencia de la inserción de TIC en el aula a través del uso de la gamificación como método didáctico en la enseñanza universitaria, no sólo como una herramienta para el aprendizaje de un tema determinado por parte de los estudiantes, sino también para poder evaluar a través de la expresión práctica las competencias, habilidades y actitudes de los estudiantes, adquiridas y/o desarrolladas a lo largo de la carrera. El juego seleccionado complementa el aprendizaje de un tema que, según el cuerpo docente de la asignatura, no despertaba interés o entusiasmo en el alumnado.

En la asignatura Mecanismos de Integración Económica, perteneciente al último año de la carrera de Ingeniería Industrial, se realiza la experiencia de utilizar el servicio web de educación social y gamificado denominado Kahoot!, que consiste en crear un tablero de juego, con preguntas y cuatro posibles respuestas tipo *multiple choice*, sobre un tema seleccionado por los docentes. En un tiempo determinado los estudiantes, agrupados en equipos, deben contestar ingresando desde un enlace web en sus dispositivos móviles y al acabar la partida, es decir, cuando se han completado todas las preguntas, un podio premia a aquellos que han conseguido la mayor puntuación por respuestas correctas y en el menor tiempo, avanzando a lo alto del ranking.

Los resultados preliminares de la implementación del juego en el aula han sido satisfactorios.

2. METODOLOGÍA.

La asignatura seleccionada para la utilización de la gamificación es Mecanismos de Integración Económica, correspondiente al quinto año de la carrera Ingeniería Industrial, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El tema sobre el cual se aplicó la actividad lúdica fue "Inicios del Comercio Exterior Argentino". Se dispone de 3 horas de clase semanales, concentradas en un solo día, por lo tanto el trabajo propuesto no debe exceder las horas otorgadas para una clase.

Con anterioridad a la clase los docentes crearon un Kahoot!. Uno de ellos se registró en el sitio web: kahoot.com/welcomeback, en el que se elaboró el cuestionario que posteriormente fue utilizado. Este entorno es muy sencillo e intuitivo, en el que existe la opción para personalizar las preguntas según el tema de interés.

En el aula se necesitaron el proyector y una computadora con conexión a internet y los estudiantes sus dispositivos móviles (preferentemente teléfono) también con conexión a internet.

Primero se realizó una clase teórica participativa, donde uno de los docentes expuso conceptos teóricos, en la cual los estudiantes consultaron y opinaron sobre los temas abordados. Al inicio de la clase se les solicitó que prestaran atención no solo a los conceptos sino también a determinados hitos que fueron surgiendo en el desarrollo del comercio exterior del país. A continuación, se les propuso la realización de la actividad práctica. Teniendo en cuenta la cantidad de alumnos del curso (aproximadamente 50) se planteó que sea

grupal, se dividieron en grupos de 3 estudiantes cada uno. En la clase anterior se les había informado que iban a necesitar un dispositivo móvil para poder llevar a cabo el juego, por lo tanto era fundamental que uno de los miembros del grupo contara con el mismo. Posteriormente se les explicó la consigna del trabajo práctico: “Responder correctamente el cuestionario propuesto sobre el tema Inicios del Comercio Exterior Argentino a través del uso de la aplicación Kahoot! a los efectos de realizar la evaluación de los conceptos adquiridos en clase”.

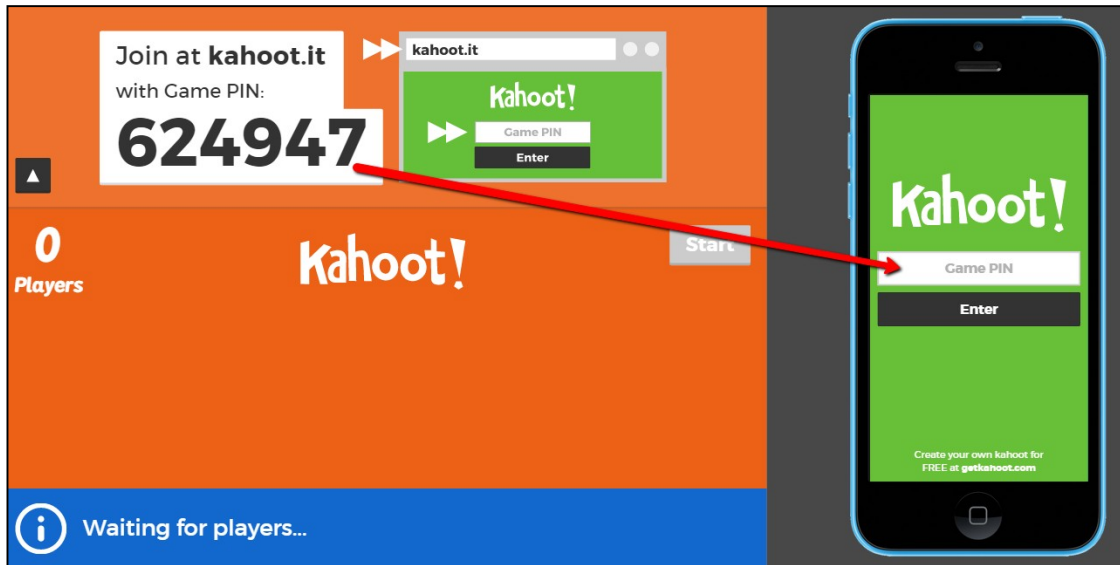


Figura 1 Colocación de PIN Fuente: KAHOOT! S1 STEM 2nd 2015-2016

Para comenzar a jugar los estudiantes recibieron un PIN que debían ingresar en la página WEB *kahoot.it*/en su dispositivo móvil (Figura 1). Se registraron con un nombre de fantasía que identificaba a cada grupo, y cuando se verificó que todos estuvieran en línea comenzó el juego. La registración de los grupos participantes, las preguntas, las respuestas correctas y el ranking final de las puntuaciones fueron proyectados en la pantalla frente al aula. Se inició la etapa de las preguntas, con la posibilidad de elegir una de las 4 opciones otorgadas, los alumnos en sus dispositivos móviles seleccionaron la opción que consideraron correcta. Para ello se les otorgó un tiempo de 20 segundos para responder, el cual es programado en la plataforma por los docentes (Figura 2). Cuando el grupo seleccionó la respuesta, se observa en su pantalla si es correcta o no (Figura 3).

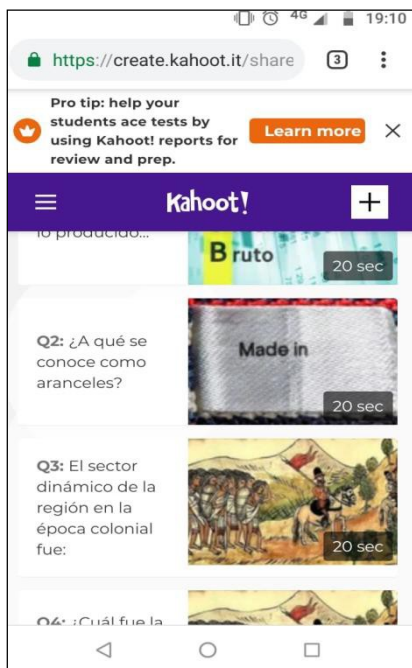


Figura 2 Preguntas del juego en clase y tiempo programado para responder. Elaboración Propia

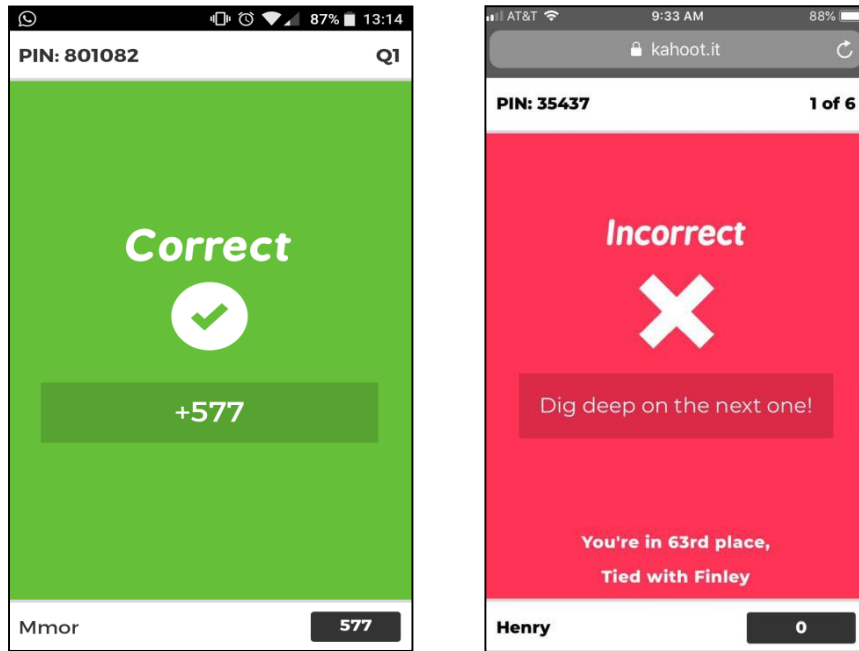


Figura 3 Pantallas de Kahoot! - respuesta correcta y respuesta incorrecta.
Fuente: Kahoot!, a game-based classroom response system.

Al finalizar el ciclo (pregunta realizada y respuesta seleccionada) cada grupo pudo conocer su puntuación y el ranking de todos los participantes (Figura 4). Esta puntuación depende de la cantidad de respuestas correctas y también de la velocidad de respuesta. En esta oportunidad las preguntas fueron 12, y cumplida la actividad, en la pantalla se presentó un podio con los 3 grupos que mayor puntuación obtuvieron y en pos de la motivación, los docentes les entregaron un premio comestible (dulce) a los que lo integraron (Figura 5).

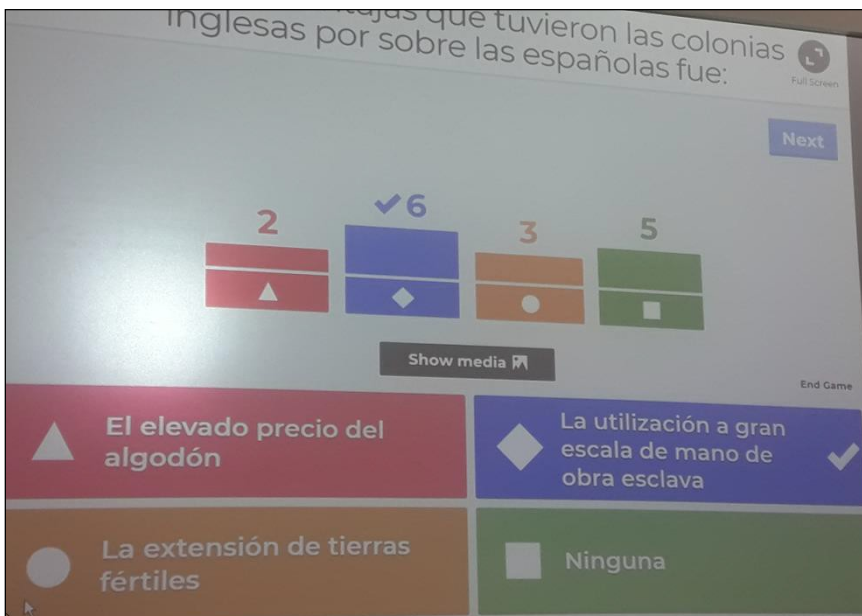


Figura 4 Podio por pregunta en la clase.
Elaboración Propia



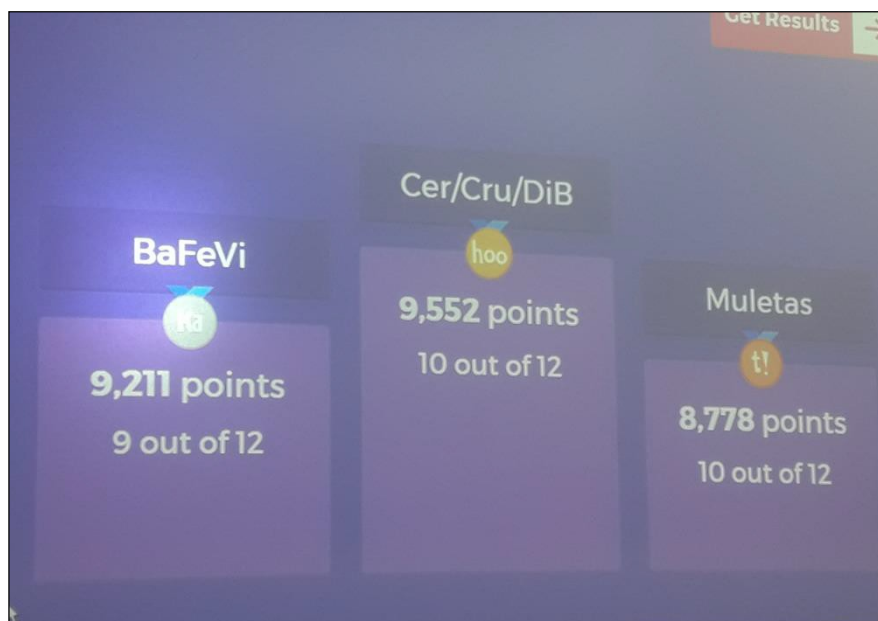


Figura 5 Podio final en la clase.
Elaboración Propia

3. RESULTADOS.

En el aula las funciones del docente se redujeron a ser presentadores del juego, explicar el funcionamiento de la aplicación, leer las preguntas y justificar las respuestas, cuando fue necesario, con el objetivo de esclarecer las posibles dudas. También entregaron recompensas para los que ocuparon el podio. La aplicación permite exportar los resultados a Excel o incluirlos en Google Drive, para que los docentes puedan disponer de los mismos en el proceso de evaluación. Este trabajo práctico no fue evaluatorio sino que se consideró como una actividad complementaria del aprendizaje. De todos modos se mostraron los resultados en la pantalla para que cada grupo pudiera ver su desempeño a lo largo de la actividad, por pregunta (Figura 6).

En cuanto al desempeño de los estudiantes durante el juego, mostraron una gran predisposición previa a su realización e interés y entusiasmo durante la actividad, se mantuvieron cautivados y motivados. En general no mostraron frustración ante sus errores, sino alegría y optimismo para continuar y mejorar. Como "nativos digitales" se desempeñaron exitosamente en un campo que no les es ajeno.

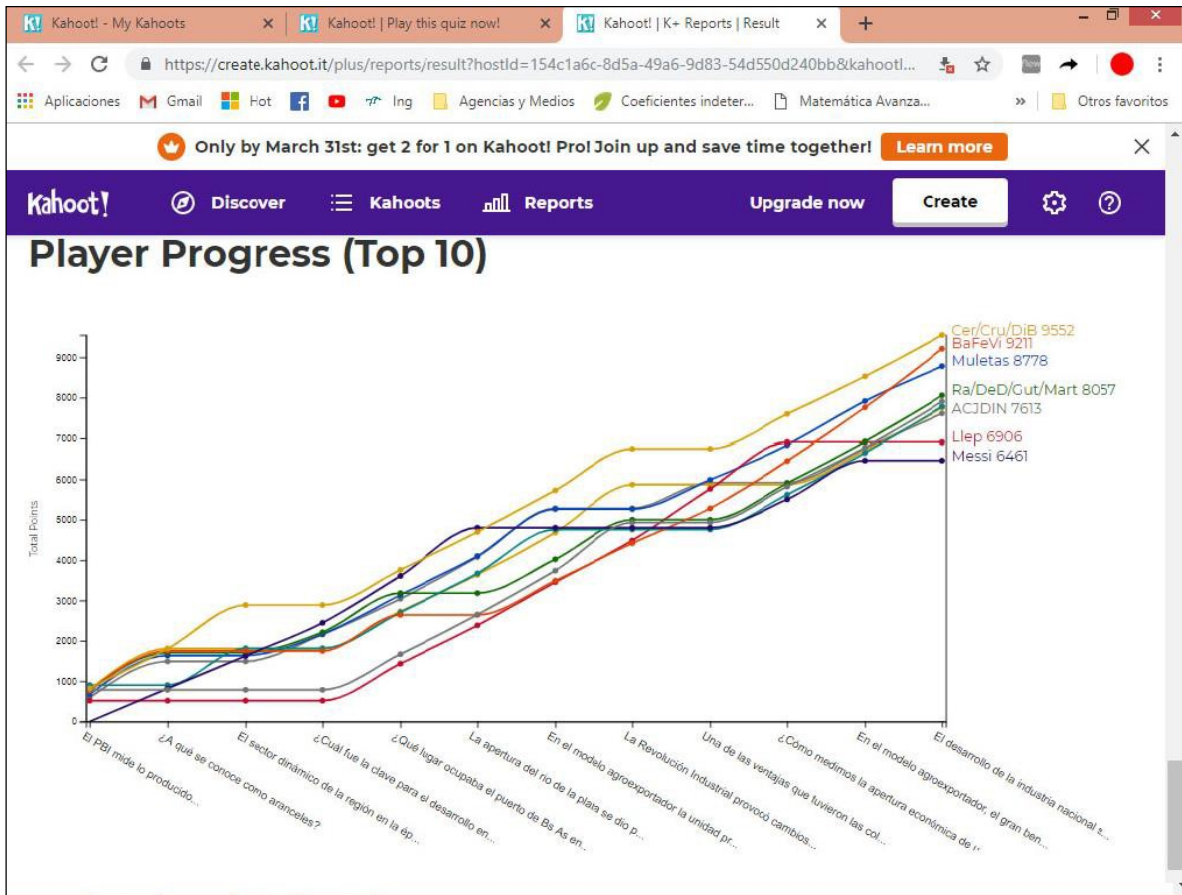


Figura 6 Reporte de los resultados en la clase.
Elaboración Propia

4. CONCLUSIONES.

La gamificación en el aula permite fomentar el trabajo en equipo, colaborativo y cooperativo, así como la interacción entre los estudiantes y el desarrollo de la iniciativa metódica. Constituye una actividad práctica que estimula el aprendizaje a partir de errores. Kahoot! es una herramienta que gamifica el proceso de aprendizaje en clase, y los estudiantes aprenden divirtiéndose, repasan temas y refuerzan conocimientos. Al tratarse de un factor innovador y además en ocasiones un factor sorpresa, implica una mayor valoración de la sesión por parte de los participantes. Aumenta la atención de los estudiantes durante la clase teórica y por tanto, una mayor incidencia del contenido.

Existen innumerables herramientas a ser utilizadas, sin embargo la competencia tecnológica se encuentra aún en niveles básicos de comprensión y utilización en las generaciones que hoy ocupan el rol docente, y resultan mucho más intuitivas y naturales en las generaciones de "nativos digitales" que transitan las aulas. Los resultados preliminares han sido satisfactorios, tanto en el desempeño de los alumnos, así como también desde los objetivos de los docentes de la asignatura y la implementación del juego. Si bien se requieren mejoras en su planificación, se puede concluir que este tipo de actividades no sólo incentivan a los alumnos, sino que también permiten una mejor comprensión de los temas abordados.

5. REFERENCIAS.

- [1] Silva, Juan (2016). “*Metodologías centradas en el alumno: la llave para innovar con TIC en Educación Superior*”. *Revista Gestión de la Innovación en Educación Superior*. 10.13140/RG.2.2.34654.64329.
- [2] Salinas, J. (2004). “*Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria*”. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. 1: 1-16. Consultado el 2 de mayo en <https://Users/Adminpc/Downloads/Salinas%202004.pdf>
- [3] Wang, A. y Lieberoth, A. (2015). “*The effect of points and audio on concentration, engagement, enjoyment, learning, motivation, and classroom dynamics using Kahoot!*”. (Tesis Doctoral). Norwegian University of Science and Technology, Aarhus University, Interacting Minds Center (IMC) and Department of Education.
- [4] Prensky, M. (2005). “*Computer games and learning: Digital game-based learning*”. *Handbook of computergamestudies*. 18: 97-122.
- [5] Muñoz, Melina. (2017). “*Las TIC en educación: "kahoot!" como propuesta de gamificación e innovación educativa para Educación Secundaria en Educación Física*”. 10.13140/RG.2.2.15536.35846.
- [6] Morcela, A.; D’Onofrio, M. V. y Nicolao García, I. (2019). “*Estudiantes analógicos en la era digital: características del PLE evidenciado al egreso de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata*”. *Revista e-tramas*. V:3 , pp. 40-64.

Como establecer competencias de egreso en las Prácticas Profesionales Supervisadas

Gallegos, María Laura*; Kern, Silvia; Cinalli, Marcelo; Pacini, Carina

**Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás Colón 332 – 2900
San Nicolás – Buenos Aires mgallegos@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN

Numerosos estudios revelan la articulación multisectorial entre estado, universidad y empresa como actores clave para impulsar el desarrollo socioeconómico regional y nacional. La universidad, en su función de productora de conocimiento, tiene por misión aportar innovación y desarrollo al medio socio productivo de su influencia, en un marco institucional sustentable. ¿Es posible potenciar las capacidades institucionales universitarias desde las prácticas profesionales fortaleciendo la función de todos los actores? ¿Qué aspectos de la formación universitaria pueden revitalizarse a través de la interacción con el sector de manufactura y servicios? ¿Y con el Estado?

Este trabajo, enmarcado en una investigación más amplia, intenta dar respuesta a estas preguntas a partir de la revisión y síntesis de resultados de prácticas profesionales realizadas, desde el año 2013, en la especialidad de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional. Se utilizaron para ello, técnicas e instrumentos de recolección de información, tales como entrevistas a los distintos sectores y cuestionarios digitales semi-estructurados dirigidos a estudiantes practicantes.

Las principales conclusiones otorgan relevancia al desarrollo de capacidades institucionales relacionadas con la planificación, la instrumentación y definición de funciones (roles y responsabilidades) en vinculación con los sectores productivo y gubernamental. Por otro lado, indican la necesidad de formación de competencias específicas (propias de la especialidad) y de una serie de competencias genéricas que se describen en el desarrollo del trabajo. Los resultados pueden impactar en distinta medida, puertas afuera de la universidad, en relación con el sector de producción de bienes y servicios (empresas, organismos, instituciones) y luego, con el entorno social regional, y las posibilidades de empleo a los nuevos profesionales, mientras generan un mecanismo de autoevaluación clave para la especialidad.

Palabras Claves: prácticas profesionales, evaluación institucional, competencias de egreso.

ABSTRACT

Numerous studies reveal the multisectorial articulation between state, university and company as key actors to boost regional and national socio-economic development. The university, in its role as a knowledge producer, has the mission of providing innovation and development to the socio-productive environment of its influence, in a sustainable institutional framework. Is it possible to strengthen university institutional capacities from professional practices by strengthening the role of all actors? What aspects of university education can be revitalized through interaction with the manufacturing and services sector? And with the state?

This work, framed in a more extensive investigation, tries to answer these questions from the review and synthesis of the results of professional practices carried out, since 2013, in the specialty of Industrial Engineering of the San Nicolás Regional Faculty, dependent on the National Technological University. Techniques and instruments for collecting information were used for this purpose, such as interviews with different sectors and semi-structured digital questionnaires aimed at practicing students.

The main conclusions give relevance to the development of institutional capacities related to planning, instrumentation and definition of functions (roles and responsibilities) in connection with the productive and governmental sectors. On the other hand, they indicate the need for the formation of specific competences (specific to the specialty) and a series of generic competences that are described in the development of the work. The results can have a different impact, outside the university, in relation to the sector of production of goods and services (companies, organizations, institutions) and then, with the regional social environment, and employment opportunities for new professionals, while generating a key self-assessment mechanism for the specialty.

1. Introducción

Numerosos estudios revelan la articulación multisectorial entre estado, universidad y empresa como actores clave para impulsar el desarrollo socioeconómico regional y nacional. Una casa de altos estudios, en su función de productora de conocimiento, tiene por misión aportar innovación y desarrollo al medio socio productivo de su influencia, en un marco institucional sustentable. ¿Es posible potenciar las capacidades institucionales universitarias desde las prácticas profesionales fortaleciendo la función de todos los actores? ¿Qué aspectos de la formación universitaria pueden revitalizarse a través de la interacción con el sector de manufactura y servicios? ¿Y con el Estado? Este trabajo, enmarcado en una investigación que se viene llevando a cabo desde el año 2013 e que involucra docentes del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, intenta dar respuesta a estas preguntas a partir de la revisión y síntesis de resultados de prácticas profesionales realizadas. Para ello se han utilizado técnicas e instrumentos de recolección de información necesarios, tales como entrevistas a los distintos sectores, encuestas y cuestionarios digitales semi-estructurados dirigidos a estudiantes practicantes y docentes.

2. Desarrollo del trabajo

2. 1. Fundamentación

El modelo de innovación de triple hélice se refiere a un conjunto de interacciones entre la universidad, la industria y los gobiernos, para fomentar el desarrollo económico y social. En este modelo, la universidad es la principal fuente de producción de conocimiento, la industria es la generadora de producción de bienes de manufactura, servicios y su comercialización y el gobierno mantiene su función de regulador, administrador y planificador. [1]

La integración mancomunada de tres sectores bajo un esquema de planificación de largo plazo integra visiones, objetivos y metas de forma precisa y estratégica, promueve el desarrollo de una estructura productiva tendiente a una mayor y mejor inserción internacional, con consecuencias positivas en la socio-economía. El modelo de triple hélice, evoluciona a una hélice cuádruple agregando un cuarto componente al marco de interacciones: la sociedad civil y los medios. [2]

En este marco, el papel de las universidades cobra un rol preponderante en referencia al impacto de la responsabilidad social, intrínseca en su función de formar, investigar y transferir el conocimiento al medio, constituyendo éstas sus funciones sustantivas que atraviesan procesos sociales, culturales y económicos. El diseño, evaluación y desarrollo de políticas, estrategias y acciones públicas son parte de una agenda compartida con el Estado y los diversos actores sociales y productivos. La Universidad debe formar sujetos sensibles a los problemas sociales, que se comprometan con el desarrollo de la sociedad en la que están insertos, que sea creativo en la articulación de su profesión con la promoción del desarrollo social y comprometido con su comunidad. Lograr, a través de la educación universitaria, formación ética y social responsable.

¿Por qué? Porque la Universidad debe dejar huellas en el egresado, las cuales direccionen su accionar sobre las decisiones que tome en su profesión y que impacten favorablemente en la sociedad, en el desarrollo económico, social y político.

En el contexto citado, las universidades se constituyen en protagonistas del desarrollo económico y social promoviendo la innovación a través de procesos sociales. [3]

Las necesidades actuales interpelan a los distintos actores a repensar sus funciones y relaciones. En un mundo tecnológico globalizado, modificado permanentemente y con ciclos de innovación cada más cortos, la universidad comienza a revisar sus procesos formativos, con la mirada en los profesionales que egresa, del perfil formativo que desarrolla.

Las respuestas de la educación superior, en un mundo que se transforma, deben guiarse por tres criterios que determinan su jerarquía y su funcionamiento local, nacional e internacional: pertinencia, calidad e internacionalización. [4]

Hablar de pertinencia es referirse a cuestiones como la democratización del acceso a la educación superior y mayores oportunidades de participación en la misma, incrementar vínculos con el mundo del trabajo y las responsabilidades con respecto al sistema educativo en su conjunto. [4]

En relación a la calidad, se reseña a todas sus funciones y actividades, es decir: calidad de la enseñanza, de la formación y la investigación, lo que significa calidad del personal y de los programas, y calidad del aprendizaje. Como bien se plantea en el documento de la Unesco: "hay que ser consciente de que la búsqueda de la "calidad" tiene muchas facetas y va más allá de una interpretación demasiado estrecha de la función docente de los distintos programas" (p.38). [4]

En cuanto a internacionalización, es el reflejo del carácter mundial del aprendizaje y la investigación que se va fortaleciendo dados los procesos actuales de integración económica y política, por la necesidad de llevar a cabo comprensión intercultural y por la naturaleza mundial de las comunicaciones modernas, los mercados de consumidores actuales, etc. [4]

Algunas de las propuestas sostenidas consisten en: *“Ampliar el acceso y participación en la educación superior, invertir más en educación para asegurar una base más amplia de recursos; mejorar la pertinencia de la educación superior respondiendo a los desafíos de un mundo cambiante en los planos internacional, regional, nacional y comunitario; aumentar la calidad de la educación superior en todas sus funciones y*

con respecto a todos los que participan en sus actividades; fomentar la función de investigación en la educación superior; fomentar la libertad académica y la autonomía institucional; e intensificar la cooperación internacional en la educación superior y orientarla en un espíritu de solidaridad académica”. [4]

Respecto de la actualidad en la República Argentina, la educación superior da muestras de la equiparación de la dinámica que representa la hélice cuádruple, a partir del cambio hacia una enseñanza basada en competencias, tal como se expresa en el libro Rojo de CONFEDI, y viene a resumir el conjunto de actividades previas latinoamericanas derivadas de la ASIBEI. [5]

En el año 2017, CONFEDI elaboró la propuesta que fue aprobada por la Asamblea General de ASIBEI realizada en ese mismo año, que contiene acciones en cuatro de los Ejes Temáticos de la CRES 2018 los cuales son: internacionalización e integración regional de América Latina y el Caribe; la Educación Superior como parte del sistema educativo en América Latina y el Caribe; el papel estratégico de la Educación Superior en el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe; La investigación científica y tecnológica y la innovación como motor del desarrollo humano, social y económico para América Latina y el Caribe [5]

De acuerdo con el Libro Rojo de CONFEDI: *“La carrera de ingeniería deberá tener un perfil de egreso explícitamente definido por la institución sobre la base de su Proyecto Institucional y de las actividades reservadas definidas para cada título, con el objetivo que el graduado posea una adecuada formación científica, técnica y profesional que habilite al ingeniero para aprender y desarrollar nuevas tecnologías, con actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad”. [6]*

La Comisión Nacional de Enseñanza y Acreditación Universitaria (CONEAU) acompaña este enfoque con la fijación de nuevos estándares para la acreditación de carreras, revisando la adecuación de los Planes de Estudio vigentes y la ampliación del campo de actuación de la investigación a las actividades de vinculación y transferencia. En el ámbito de UTN, la modificación reglamento de estudio Ordenanza 1549/16 establece nuevos criterios de evaluación y un replanteo en la planificación de las cátedras. [7]

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, y la definición de competencias presentada en el mismo por CONFEDI. [5]

La instancia curricular denominada Práctica Profesional Supervisada (PPS) (ORD 973 CSU UTN) permite obtener información acerca de los aportes de la carrera al medio y de sus necesidades de intervención, caracterizar a las personas que participan (sus motivaciones e intereses, su formación y preparación), conocer las interacciones que se puede establecer, concretar y sostener la Facultad (convenios, pasantías, proyectos de investigación), e identificar intangibles vinculados a la inserción social del ingeniero industrial. Dicha práctica constituye una exigencia curricular para las carreras de ingeniería en cumplimiento de la Resolución Ministerial que aprueba los estándares para la acreditación de las carreras de ingeniería. [8]

Resulta una instancia valiosa de formación para el ingenio industrial, por cuanto involucra distintas aristas de acción en las que intervienen: el alumno que las ejecuta, las personas que cumplen roles tutores (desde en la universidad y desde la empresa vinculada) para dar seguimiento de su desarrollo, y dichas organizaciones (y su entorno), que determinan la forma y encuadre del escenario en que se llevan a cabo.

2. 2. Problemática planteada

Un caso de planificación local, refiere al trabajo mancomunado realizado con la municipalidad desde el año 2013, en el cual se ven articuladas las capacidades institucionales de instrumentación para un proyecto que congrega estudiantes en PPS, docentes tutores (por Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás) y supervisores de campo (por la Municipalidad de San Nicolás). Dicho programa se viene desarrollando con un equipo de docentes orientados a la preocupación por dar respuesta a las necesidades de las partes interesadas municipio-universidad, buscando la mejora de estos procesos. Asimismo, promueve la importancia de la ingeniería industrial y su involucramiento en procesos no industrializados, que implican un abordaje diferente, tanto en trabajo de campo, en las relaciones interpersonales, como en el desarrollo de competencias tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales. Su implementación, generó un aporte superador para todos los actores involucrados y para las dos instituciones nucleadas, cuyo fin último es la sociedad. Otros proyectos similares, y a partir de nexos con la industria privada han fortalecido la articulación universidad y medio (proyecto de ahorro energético ligado a una gran industria de la zona). A partir de las articulaciones mencionadas, la PPS ha sido objeto de estudio y análisis para el desarrollo de mejoras. En trabajos previos, se caracterizó la instrumentación de una PPS en cuatro grandes bloques de actividades: presentación, desarrollo, informe y evaluación, donde se describe a cada etapa como un proceso independiente, pero con resultados sobre la fase siguiente. [9] Estas etapas se analizaron desde la óptica del ciclo PHVA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar. [10] Se definieron los interlocutores válidos para el seguimiento y monitoreo del alumno durante el desarrollo de sus prácticas. Se presentó la propuesta de incorporar PPS en proyectos de investigación como instancia para la formación de investigadores y de transferencia de conocimientos, precisando la metodología de trabajo requerida para alcanzar los resultados esperados. [11] También se aplicaron herramientas de mejora continua en el ámbito de la gestión pública,

gobierno electrónico [12] y AVC: Aula Virtual de Capacitación. [13] Luego se realizó la correspondiente revisión y evaluación de los resultados obtenidos optimizando la relación Universidad-Comunidad-Empresa. [14] Finalmente, se vincularon las acciones de las PPS en la gestión pública con la responsabilidad social universitaria, analizando los impactos educativos, organizacionales, sociales y cognitivos identificados por el Banco Iberoamericano de Desarrollo (BID). [15]

Actualmente, el grupo de investigadores analiza la mejora del proceso de PPS y acciones innovadoras para detectar oportunidades, afianzar fortalezas y fidelizar procesos autogestionables vinculados a la misma. [16] Este trabajo se desarrolla en el marco de una investigación más amplia, el proyecto PID TOAISNOOO4924TC. [17]

2. 3. Competencias en la práctica

CONFEDI define a la **Competencia** como *“la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”* (CONFEDI, 2014, p.16). Con ello, se puede interpretar que los modelos mentales y valores adquiridos tienen que ponerse a disposición del conocimiento en el contexto de la PPS para que el estudiante pueda resolver el problema planteado en la organización elegida.

El alumno ha desarrollado y lleva consigo, un recorrido de (al menos) cinco años académicos incorporando saberes de diferentes áreas de conocimientos, tanto complejos como integrados, en su mayoría teóricos y algunos con aspectos y estructura más procedimental y relacionados a la parte empírica.

Desde la práctica tradicional desarrollada en clase, debería poder realizarse la transposición eficiente a la resolución de problemáticas reales, desde un marco curricular al campo organizacional en materia de ingeniería. La experiencia de la materia PPS procura reducir esta distancia y a la vez identificar e incorporar soluciones y ajustes a los diseños curriculares universitarios.

Por otra parte, el rol fundamental del docente tutor consiste en orientar al estudiante para que pueda identificar, formular y resolver el o los problemas de ingeniería que se presentan en el marco de su PPS (competencia de egreso). Debe poder explicar los valores éticos del profesional, ya que, hasta el momento el estudiante no ha realizado el juramento profesional. También mantener vigente los valores intrínsecos que promueve la facultad en aquello referente al desempeño profesional técnicamente competente y socialmente comprometido con la organización que se involucra en su práctica.

En el último tiempo se ha estado trabajando desde el equipo de los tutores de PPS de la carrera de Ingeniería Industrial, en una guía básica de trabajo, que orienta al alumno para que, desde las materias cursadas, pueda:

- **comprender** una situación presente en la PPS como una problemática y **elija** el camino a seguir.
- **captar** la situación inicial para **identificar** los datos pertinentes al problema.
- **entender** y evaluar el contexto del problema y como resultado de su análisis proponer modificaciones.

- **determinar** el alcance del problema, formularlo de manera clara y precisa, y **reunir** diversas alternativas de solución.
- **distinguir** los criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada al contexto particular de la PPS y en especial desde los **conocimientos** teóricos adquiridos.
- **familizarse** con el medio ambiente y la sociedad que va actuar para **enumerar** los impactos de **aplicar** las diversas alternativas de solución.

Ahora bien, ¿el alumno alcanza las competencias de egreso durante el desarrollo de la PPS? El consenso así lo determina dado que los informes de PPS presentados por los estudiantes lo reflejan en su contenido, como también, los resultados de las presentaciones por los alumnos al Comité Técnico Evaluador. En este trabajo se presentan mediciones empíricas a través de una encuesta para evaluar la perspectiva y percepción del alumno. También un breve resumen de entrevistas a dirección de la carrera y a docentes que han seguido procesos continuados de PPS.

3. Resultados

3.1 Diseño de encuestas para estudiantes

Se consensuó que la medición de la respuesta al nivel de aplicabilidad que los alumnos reconocen a las competencias adquiridas, debía replicarse en un cuestionario diseñado específicamente para ellos, a fin de recabar sus opiniones. El diseño se realizó sobre preguntas simples, referidas a la forma de acceso a posibles PPS, las conductas observadas en el desarrollo y el reconocimiento de las fortalezas y dificultades que encontraron en las habilidades que suponemos debían presentar y disponer durante su práctica.

Se utilizó como herramienta, un formulario de google, que permite rápidas respuestas y presenta gráficos muy útiles sistematizando ágilmente los datos cargados por los encuestados. Las preguntas se diseñaron para ser respondidas de manera sencilla (se utilizaron respuestas múltiples y valoraciones), con el solo requerimiento del correo electrónico del participante, y se elaboraron con medidas simples para poder tabularlas con facilidad. En la figura 1 se visualiza el modelo de encuesta desarrollada por el grupo de especialistas.

Figura 1 Encuesta - Autoevaluación de PPS para la mejora continua. Fuente: Elaboración propia.

Autoevaluación de PPS para la Mejora Continua
 Este breve cuestionario nos ayuda a mejorar. Completalo según tu experiencia.

Obligatorio

1. Dirección de correo electrónico *
DEL PROCESO PREVIO

2.1.- La oportunidad de tu PPS *
 Marca solo un óvalo.
 La buscaste vos
 Te la ofrecieron desde la Empresa
 Pediste ayuda en la Facultad/Depto Industrial
 Te avisó un compañero o docente
 Otro: _____

3.2.- La PPS la llevaste a cabo en: *
 Marca solo un óvalo.
 una organización pública /gubernamental
 una PyME
 una empresa grande /multinacional
 la misma Facultad
 Otro: _____

DEL DESARROLLO Y TU ACTIVIDAD

4.3.- Fue tu primer contacto con una organización laboral? *
 Selecciona todos los que correspondan.
 Si
 No

5.4.- ¿Cómo fue el horario de la experiencia de la PPS? *
 Marca solo un óvalo.
 Flexible
 Estructurado por la organización

6.5.- La integración al grupo organizacional fue: *
 Marca solo un óvalo.
 1 2 3 4 5
 Fácil y rápida Difícil y controvertida

7.6.- ¿Qué beneficios percibiste durante el desarrollo? *
 Selecciona todos los que correspondan.
 Desarrollo de habilidades
 Networking
 Aplicación de conocimientos
 Oportunidad laboral
 Otro: _____

8.7.- Valora tu experiencia de PPS *
 Marca solo un óvalo.
 1 2 3 4 5
 Poco Valiosa Muy Valiosa

9.7.- Basado en lo que aprendiste en tu carrera, enumera en una o dos palabras dos (2) temas o conceptos/prácticas que puedas señalar como FORTALEZAS en tu PPS.

10.8.- Basado en la PPS que llevaste a cabo, enumera en una o dos palabras dos (2) temas o conceptos que podamos incorporar a la carrera, como OPORTUNIDADES de mejora. *

11.9 - Selecciona a continuación tres (3) materias que hayas utilizado en el desarrollo de tu PPS.
 Selecciona todos los que correspondan.
 Seguridad, Higiene e Ingeniería Ambiental
 Investigación Operativa
 Procesos Industriales
 Mecánica y Mecanismos
 Evaluación de Proyectos
 Planificación y Control de la Producción
 Diseño de Producto
 Instalaciones Industriales
 Legislación
 Mantenimiento
 Manejo de Materiales y Distribución de Plantas
 Comercio Exterior
 Relaciones Industriales
 Ingeniería en Calidad
 Control de Gestión
 Otro: _____

12.10- ¿Por qué las elegiste? *

Se enviará una copia de tus respuestas por correo electrónico a la dirección que has proporcionado

3.2 Datos primarios

La encuesta se realizó sobre un universo de 80 envíos, de los cuales se recibieron 26 contestaciones, lo que representa un 32% de nivel de respuesta.

A continuación, se presenta el análisis derivado de las mismas en un análisis descriptivo.

El gráfico de la figura 2 - Accesos a la PPS muestra el modo en el que el alumno se pone en contacto con la organización que realizó su PPS, dando como resultado que en el 50% de los casos, su aproximación fue por vínculo de la facultad y casi el 40% por iniciativa propia.

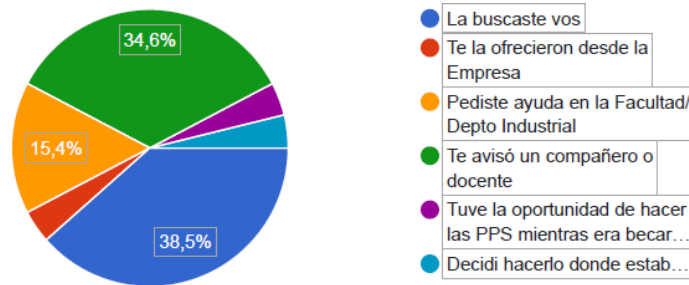


Figura 2 Acceso a la PPS. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico de la Figura 2 – Distribución social de las organizaciones, presenta que la distribución es casi igualitaria entre el ámbito privado como público. Dentro de ellos, la distribución es análoga entre Pymes y empresas grandes, como entre organismo estatal y la UTN–FRSN. Se destaca el resultado de que para el 35 % de los encuestados se trató de su primer contacto con una organización.

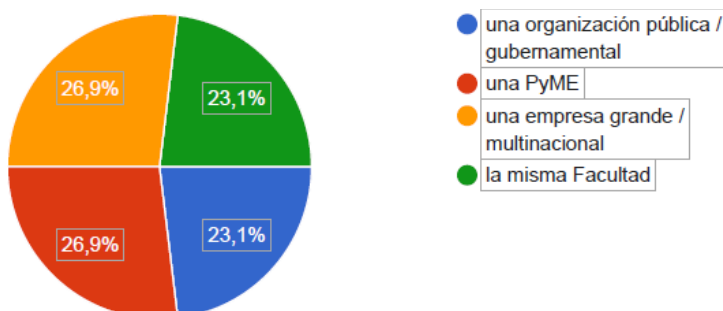


Figura 3 Distribución social de las organizaciones. Fuente: Elaboración propia.

La valoración de la PPS en el rango de 1 a 5 fue considerada por el grupo de estudiantes en un 100% encima de Muy Bueno, y dentro de ese valor el 58% la valorizó como Muy Bueno (4) y un 42% como Excelente (5).

3.3 Validación de las competencias de egreso

En el punto 2.3 de este trabajo, se indicó la necesidad de medir las competencias de egreso, el grafico de la figura 4 presenta información al respecto, indicando que el 58 % de los encuestados reconoce haber aplicado conocimientos y un 61% pudo desarrollar habilidades.

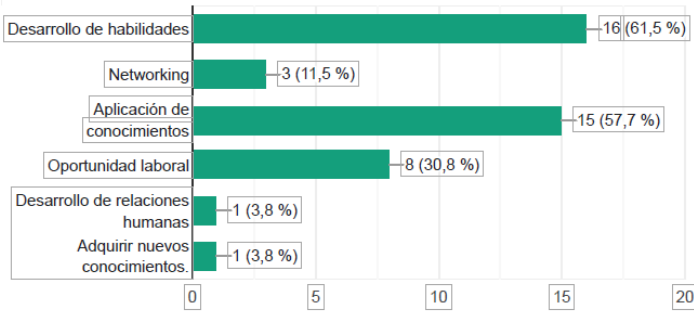


Figura 4 Percepción durante la PPS. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la integración al grupo organizacional (figura 5) caracterizada en categorías (1) *Fácil y rápida* a (5) *difícil y controvertida*, el 80,8 % de los estudiantes encuestados optó por las opciones (1) y (2). Dentro de él, el 50% de los casos optó por la máxima puntuación (5). Esta información es relevante considerando lo indicado también en punto 2, en relación a la formación profesional técnicamente competente y socialmente comprometida.

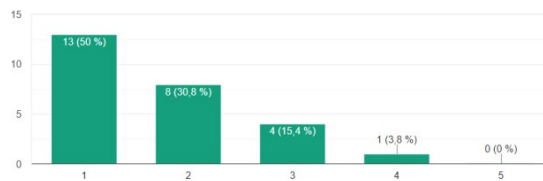


Figura 5 Integración al grupo organizacional. Fuente: Elaboración propia.

El grafico de la figura 6 presenta la variedad de materias utilizadas durante las PPS y el resultado de consultar a cada encuestado sobre (3) tres materias que haya utilizado o puedan destacar durante el desarrollo de su práctica. Las más seleccionadas son las vinculadas a la seguridad, higiene y medio ambiente (13,3%), a la gestión y control (control de gestión, 12% e ingeniería en calidad, 10,7%), a la evaluación de proyectos y planificación y control de la producción (9,3%), procesos industriales y relaciones industriales humanas con la misma valorización (8%). Un conjunto de materias se menciona con menor valorización (1,3%) entre las que se encuentran estudio del trabajo, química, inglés, ingeniería y sociedad, física y diseño de producto.

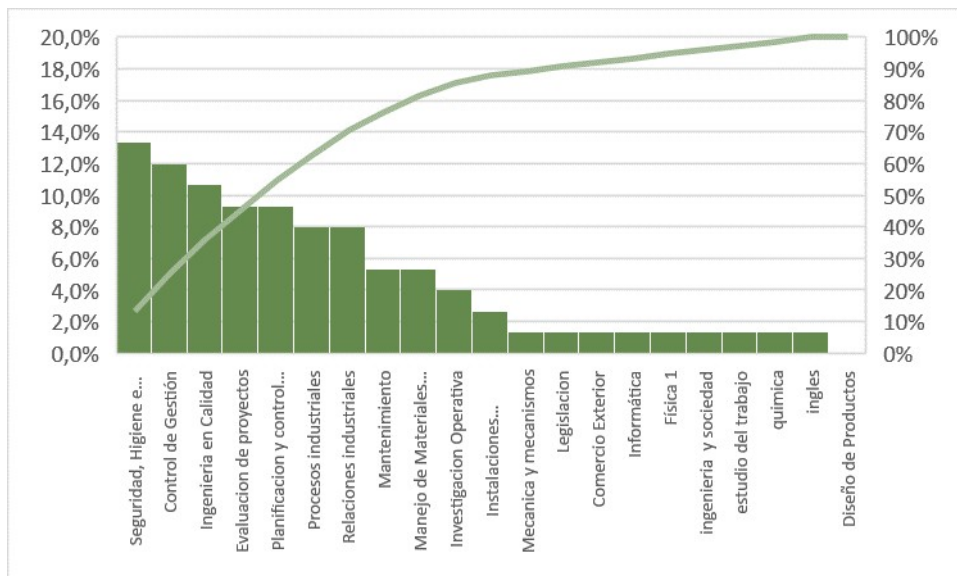


Figura 6 Materias utilizadas durante la PPS. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información relevada a través de encuestas, se puede indicar que los **Resultados de aprendizaje** han sido alcanzados, dado que en términos de asimilación de los conocimientos y de destrezas o habilidades para aplicarlos, las PPS desarrolladas han sido eficaces.

3.4. Entrevistas

Se realizó una entrevista al director de la carrera de Ingeniería Industrial. En una de las preguntas, acerca del lugar de realización de la práctica, el entrevistado ha aclarado que el espectro de desarrollo de las PPS es muy amplio, desde las grandes siderúrgicas de la zona, pymes, espacios públicos (como el ámbito municipal) y grupos de investigación. Ha destacado la gran capacidad que tienen los alumnos de adaptación y versatilidad a los distintos entornos y ambientes de trabajo, demostrando muy buenos resultados, tanto en los informes como en las problemáticas resueltas. Como respuesta al trabajo realizado, ocurre en muchos casos, la decisión de las autoridades de incorporar al estudiante a la organización una vez finalizada la práctica.

Cuando se le consulta acerca del tema de realización de prácticas, describe que se concentran en análisis y desarrollos de ingeniería aplicada a la gestión, estudio del trabajo y relevamiento de procesos, como también a la detección de oportunidades de mejoras, con acciones concretas y manifiestas para abordar las problemáticas.

Respecto a las prácticas realizadas en Pymes, la tendencia actual indica que las mismas buscan profesionalizarse con la ayuda de estudiantes avanzados, con lo cual, las disciplinas de control de gestión, calidad y mejora, controles de proceso y evaluación están ligados a sus solicitudes más frecuentes.

Respecto al nuevo enfoque de formación por competencias, declara que analizar y proponer mejoras y soluciones industriales, como el conjunto de las acciones necesarias involucradas en su posterior seguimiento, constituyen las principales fuentes de aplicación de conocimientos de PPS. Visualiza habilidad para los manejos de software y herramientas informáticas, así como para presentaciones eficaces y gestión visual. Considera el perfil del ingeniero industrial como dotado para realizar una conexión entre el mundo físico (de las personas, máquinas, y sistemas) con el mundo de la información (*bigdata* y digital) orientado a la industria 4.0. Por otra parte, se efectuaron entrevistas a docentes tutores que realizaron el seguimiento de las PPS en la Municipalidad como caso de estudio. Se interrogó acerca del número de PPS tuteladas, el modo de actuación de los estudiantes, la evaluación de aportes realizados y conclusiones acerca de necesidades y atributos de la práctica.

Los resultados indican que los estudiantes aplicaron conocimientos de control de gestión y de estandarización y mejora de procesos, diseño y desarrollo de información documentada (en formato impreso y virtual), comunicación formal y contacto permanente con las personas que conforman la organización y aportes de soluciones concretas para resolver problemas y aportar mejoras. Se denotó gran predisposición en particular en las primeras prácticas, las cuales se desarrollaron por estudiantes en simultáneo en distintos sectores y los avances eran compartidos luego en reuniones de trabajo, retroalimentando al equipo organizacional.

Hubo alumnos que pidieron ayuda en situaciones de interrelación con el grupo o sector en el que fueron incluidos. Sin embargo, demostraron solidez y adaptación respecto de las soluciones que plantearon. Al ámbito organizacional aportaron no sólo tabulación de gran cantidad de datos, sino soluciones acerca de los procesos, con una mirada innovadora y encontrando nuevas aristas de acción.

Se encontraron algunas falencias, en particular con herramientas informáticas, que pueden asociarse a la falta de práctica o al tiempo transcurrido desde el aprendizaje (cambios tecnológicos).

En general, no hubo dificultades con la empresa que los recibió ni con el personal vinculado directamente a ellos, sino que fueron bien acogidos y sus aportes fueron aceptados y valorados.

Se propone la necesidad de divulgar la realización de prácticas en organizaciones locales, para encontrar nuevos espacios, así como oportunidades de actuación y aprendizaje de los estudiantes. Alineado a esto, desarrollar mecanismos formales para que los alumnos conozcan oportunidades de seguimiento y tutorial docente, puedan reconocer el proceso completo de la práctica (aprobaciones, seguros, avances parciales y final) y que puedan transmitir su experiencia a sus compañeros. Armar un equipo docente de apoyo que transmita experiencia y colabore en casos de primera experiencia también puede resultar un gran aporte.

3.5. Fortalezas y Oportunidades

La tabla 1 registra las fortalezas y abre oportunidades de mejorar el desarrollo del conocimiento de distintas áreas en función de los resultados que los alumnos de PPS señalaron en las encuestas.

Tabla 1: Fortalezas y Oportunidades por áreas. Fuente: elaboración propia.

Area de Gestión	
Fortalezas <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de gestión - Estandarización de procesos - Tablero de control - Herramientas básicas de calidad (Ing. en calidad) - Puesta a mil - Herramientas de gestión - productividad laboral - Aplicaciones técnicas Mejora continua y capacitación - Integración de conocimientos - Responsabilidad social - Amplia visión 	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> - Herramientas de gestión - Evaluaciones de riesgos - Guía para la redacción del informe final de las PPS - Industria 4.0 - Mejorar la difusión e información. - Difusión de Convenios - Dificultades de las PyMEs Argentinas - Mejorar algunas materias en general - Realidad del entorno y relaciones sociales - contar la experiencia. economía financiera - Enfoque en área compras - Con lo que se daba cuando la curse está muy completo
Area de Recursos Humanos	
Fortaleza <ul style="list-style-type: none"> - Relaciones laborales - Integración laboral - Escucha Activa - Capacidad de aprendizaje - Perseverancia - Esfuerzo - Experiencia y proactividad 	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> - Reporting / Oratoria - Relaciones humanas - Negociaciones - Práctica - Exposiciones, presentaciones al publico - Presentación abierta a todo el curso del tema desarrollado
Area de Planificación	
Fortaleza <ul style="list-style-type: none"> - Planificación y evaluación de proyectos - Evaluación de proyectos - Estudio de Factibilidad de Proyectos - Toma de tiempos - Estudio de métodos - Estudio de Tiempos - Lay Out 	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> - Control de proyectos - Organización - Optimización del tiempo
Area del conocimiento	
Fortaleza <ul style="list-style-type: none"> - Ciencia de los materiales - Aplicación de conocimientos - Conocimientos técnicos - Investigación - Método científico 	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> - Medio ambiente - Investigación científica - Mantenimiento instalaciones/máquinas
Area de Informática y Estadística	
Fortalezas <ul style="list-style-type: none"> - Excel - Informática - Investigación operativa - Análisis Matemático 	Debilidades y Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> - Excel avanzado - manejo de herramientas informáticas - Diseño en AutoCAD. - macros en Excel - Lenguaje de programación - Inteligencia artificial (IA), <i>Internet of Things</i> (IoT). - Herramientas estadísticas - Herramientas informáticas, programación

Estos resultados se agruparon a través de un gráfico de afinidad, definiendo ejes o contenidos principales (área de gestión, área de recursos humanos, área de planificación, área de conocimiento, área de informática y estadística) y ordenando la lista según aspectos fuertes y mejoras señaladas por los estudiantes en esos ejes o conceptos.

Las Tablas 2a y 2b muestran la información resumida analizada en base de las fortalezas y oportunidades organizadas por su impacto en las áreas del conocimiento desde el contenido y el relevamiento de uso o necesidad puntual por parte del alumno.



Tabla 2a: Información resumida para el análisis de Fortalezas. Fuente: elaboración propia.

	GESTION	PROCESOS	ESTADISTICA	INFORMATICA	CALIDAD Y MEJORA	PRODUCTIVIDAD	RELACIONES	TECNICOS/MATERIALES	EVALUACION/PLANIFICACION	INVESTIGACION	INTEGRACION DE CONOCIMIENTOS	RSU	AUTOAPRENDIZAJE	CONDUCTAS	MATEMATICA	MANTENIMIENTO
Sistemas de gestion, estandarizacion de procesos	1	1														
Realidad, Estadísticas			1													
Excel y gestion	1			1												
Puesta a mil		1			1											
Herramientas de gestión y productividad laboral	1					1										
Relaciones laborales. Aplicaciones técnicas.							1	1								
Planificación y evaluación de proyectos									1							
1-Herramientas básicas de calidad (Ing. en calidad). 2-Ciencia de los materiales.					1			1								
Evaluación de proyectos, Inv. operativa									1	1						
Investigación										1						
Mejora continua y capacitación					1											
Toma de tiempos		1														
integración laboral - Aplicación de conocimientos											1					
Tablero de control		1			1											
Integración de conocimientos											1					
Evaluación de proyectos									1							
Resp. social/Conocimientos técnicos							1				1					
Estudio de metodos. Informatica		1		1												
Escucha Activa / Capacidad de aprendizaje	1						1						1	1		
Estudio de Tiempos - Estudio de Factibilidad de Proyectos		1						1								
Perseverancia - Esfuerzo														1		
Evaluación de proyecto y lay out							1	1								
Investigación, método científico									1							
Experiencia y proactividad														1		
Método Científico. Análisis Matemático.									1						1	
Amplia visión							1							1		
Planificación y mantenimiento	1															1
cantidad casos	5	6	1	2	4	1	4	3	5	4	2	1	1	4	1	1

Tabla 2b: Información resumida para el análisis de Oportunidades Fuente: elaboración propia.

	GESTION	PROCESOS	ESTADISTICA	INFORMATICA	CALIDAD Y MEJORA	PRODUCTIVIDAD	RELACIONES	TECNICOS/MATERIAL	EVALUACION/PLANIFICACION	INVESTIGACION	INTEGRACION DE	RSU	AUTOAPRENDIZAJE	CONDUCTAS	MATEMATICA	MANTENIMIENTO	AGIORNAR LA	RIESGOS	PROCESO PPS	INTELIGENCIA	MEDIO AMBIENTE	COMPRAS	REPORTING ORATORIA	FINANZAS
OPORTUNIDADES																								
Sin comentarios																								
Práctica, Excel avanzado				1																				
Herramientas de gestion y manejo de herramientas informaticas	1			1																				
Industria 4.0					1												1							
Lenguaje de programación y macros en excel				1																				
Diseño en AutoCAD. Evaluaciones de riesgos.				1				1																
Relaciones humanas y control de proyectos				1				1	1				1											
1-Guía para la redacción del informe final de las PPS.																		1						
IA, IOT																				1				
Mantenimiento instalaciones/máquinas															1									
Mejorar la difusión e información.																		1						
Herramientas estadísticas			1																					
Difusión de Convenios																		1						
Herramientas informaticas, programación				1																				
Dificultades de las PyMes Argentinas																	1	1						
Con lo que se daba cuando la curse esta muy completo!																								
Investigación científica/Medio ambiente									1												1			
Negociaciones. Enfoque en area compras													1								1			
Reporting / Oratoria																						1		
AutoCAD				1																			1	
Organización - Optimización del tiempo	1	1																						
Mejorar algunas materias en general																								
Exposiciones, presentaciones al publico																							1	
Realidad del entorno y relaciones sociales											1		1											
Presentación abierta a todo el curso del tema desarrollado. Está bueno contar la experiencia.																						1		
economía financiera/ finanzas																						1		1
Como tratar con superiores y con pares y como mejorar la habilidades comunicacionales													1									1		
	2	1	1	7	0	1	0	0	2	2	0	1	0	4	0	1	2	1	3	1	1	2	4	1

Desde la tabulación en las tablas anexas, se desprenden algunas observaciones: el amplio reconocimiento como fortaleza de los aprendizajes destinados a gestión y procesos, cobrando relevancia la orientación de ésta rama de la ingeniería. Las asignaturas referidas a control, evaluación y gestión de proyectos adquieren importancia especialmente para recientes graduados que respondieron la encuesta. La misma valoración obtienen las referencias a investigación científica y de procesos, la aplicación de conocimientos sobre calidad y mejoras, y el aprendizaje de conductas laborales tanto propias como del medio.

Acercas del análisis de las mejoras posibles, se reiteran aspectos relacionados con el conocimiento de conductas laborales, las relaciones interpersonales y aparece como pedido, la comunicación oral, los cuales han sido anteriormente mencionados como fortalezas, lo que permite suponer la necesidad de indagar acerca del tipo de oralidad y destrezas comunicacionales requeridas, las cuales pueden estar vinculadas a particularidades culturales y estructurales de las organizaciones en las cuales se han realizado las prácticas.

También se señalan como posibles mejoras, la necesidad de actualización de conocimientos vinculados a industria 4.0, relacionados con agilizar conocimientos informáticos, inteligencia artificial e Internet de las cosas.

Solo en pocas oportunidades, se hace referencia a responsabilidad social universitaria, y en ninguna ocasión a autoaprendizaje (que se enumeró como fortaleza) sin tener en cuenta que la vertiginosidad de la actualización de tecnologías de la comunicación e información, hace que la brecha entre la incorporación de conocimientos, hasta el ingreso al medio laboral socio-productivo, debe hacer prevalecer las competencias de habilidad, adaptabilidad y autoaprendizaje, para las cuales deberán buscarse los mecanismos para que puedan ser fortalecidas y sostenidas.

3.5. Debilidades, avances y retos

Diversas oportunidades de mejora ya se encuentran en proceso de implementación, como la inclusión en el diseño curricular de materias electivas (Inteligencia Artificial, Técnicas de optimización de procesos). Otras se están trabajando alineadas al desarrollo de actividades de investigación y proyectos del departamento de Ingeniería Industrial y algunas, al ser tan puntuales no es posible brindar respuesta dado que la enseñanza de la ingeniería, tanto en tiempo como recursos es finita, pero a pesar de ello, se estimula a los alumnos a buscar temas para su desarrollo a través de estrategias virtualizadas como la clase invertida y otras con rasgo asincrónico, como la plataforma educativa Moodle.

Por otra parte, la gestión de las PPS, se reconoce como un campo de oportunidad de mejora autovalorado por el departamento, en relación a la necesidad de gestionar cantidad y variedad de consultas, a controlar los plazos de realización de la práctica, a la aprobación y seguimiento del plan de trabajo, e incluso a las instancias de presentación final del informe, que puede llegar a realizarse por el estudiante durante períodos de finalización de cursado o cercanos a la presentación del proyecto final. La incorporación de innovaciones al proceso a través de un aula virtual autogestionada y controlada que almacene la información y permita comunicar el inicio del proceso, revisar su funcionamiento y conocer las instancias iniciales y finales. La propuesta implica el diseño y desarrollo de este reservorio realizado a medida con el nombre de PPS (diseñada completamente en Moodle y dependiente de la carrera), sitio que dispone de la documentación actualizada (reglamentos, formularios, informes, etc.) que se encuentran a disposición del alumno y de agentes tutores del departamento de ingeniería industrial, con un formato de flujo de trabajo ordenado (Hoja de Ruta). La carga de información a medida que ocurre, permite un seguimiento sistematizado, continuo y eficiente, donde el estudiante realiza y recibe en el sitio comentarios en foros de consultas, con el cual es guiado en todo momento durante su práctica, y a través de la autogestión del sitio, puede presentar versiones de avance hasta culminar el informe final.

Esto permite actuar ante la necesidad de alguna oportunidad de mejora **durante** el proceso de realización de la práctica, como también extraer conclusiones, comparar y evaluar mediciones, y resultados de mejora al proceso de gestión y seguimiento, con la incorporación de formularios de recolección de datos, y estadísticas precisas y tabuladas en web. El aula virtual está en su instancia de diseño y pruebas, la validación apunta a que guíe el proceso en forma eficiente y permita extraer información para la toma de decisiones a futuro.

Al comparar las fortalezas con las oportunidades, aparecen las columnas marcadas en gris en la tabla. Es interesante mencionar que la diferencia, que debería minimizar las fortalezas y generar nuevos ítems, refuerza algunas de éstas (ya mencionadas) y reconoce como necesarias las incorporaciones de análisis de mercado (compras y finanzas) y análisis de riesgos, apareciendo el análisis ambiental y las conductas empresariales con el medio.

4. Conclusiones

De los resultados obtenidos de encuestas surgen fortalezas que deberán fidelizarse y sostenerse en el tiempo y oportunidades de mejora que son y serán útiles para el desarrollo de la carrera ingeniería industrial y su aporte en la formación de los nuevos profesionales que demandan los nuevos procesos formativos y el entorno.

La PPS puede ser vista como un proceso que permite mejora y retroalimentación de los distintos actores intervinientes, es decir además del estudiante, de docentes y el medio (a través de supervisores de campo

y de las organizaciones vinculadas), encontrando oportunidades de mejora y fortalezas en cada rol, y en el diseño curricular de la carrera.

Se constituye como primera práctica, primer registro académico de articulación de saberes y aplicación de los mismos, para convalidar el perfil con el entorno. Permiten desarrollar habilidades y aplicar conocimientos.

Durante las prácticas, los estudiantes comprenden que deberán gestionar recursos para cumplir con los objetivos (muchos o pocos dependiendo del tipo de organización en la que desarrolle su práctica), generar procesos relacionales con particularidades de desempeño en función de la organización vinculante.

Las PPS constituyen una herramienta útil para establecer competencias de egreso, permitiendo analizar y valorar la relación entre universidad y empresa con la mirada del desarrollo regional, orientando al fin de ambas: la sociedad. El estudiante (en relación al mundo organizacional) deberá disponer de herramientas para enfrentar problemas de ingeniería y resolver situaciones de la vida profesional, y es el punto de referencia para una autoevaluación y mejora de la carrera.

Entre las competencias más destacadas se encuentran aquellas vinculadas con la determinación de problemas y propuestas de soluciones de aplicación industriales.

De los informes de PPS presentados al tutor se observa la aplicación de algunas de las competencias de egreso planteadas al principio tales como:

- que se **comprende y capta** la situación a enfrentar y el camino **elegido** para la solución del mismo **identifica** los problemas a resolver;
- que es **entendido** el problema y se proponen **modificaciones** al mismo;
- que se aplican **distintos** criterios profesionales en la evaluación de alternativas usando el **conocimiento** adquirido.

Además, se observa una rápida **adaptación y adecuación** del estudiante con el entorno organizacional, pero sin una **evaluación** si su solución o la **aplicación** de la misma al problema haya contemplado el impacto social, como también que al problema que ha determinado no ofrece diversas alternativas para su solución.

En este proceso es muy importante la figura de los tutores como también los representantes de las instituciones o supervisores como nexos y viabilizadores en el desarrollo de las prácticas y sus competencias.

En retroalimentación al modelo de la triple hélice, es necesario contribuir con aportes auto-evaluativos del proceso, que orienten a la innovación y la mejora continua tanto en la gestión de la PPS como en el proceso de realización de las mismas, ligando competencias de egreso con la responsabilidad social y desarrollo de habilidades. En lo posible, ampliar la posibilidad de convenios que continúen formalizando la práctica técnica y de gestión que profesionalice al futuro graduado en instituciones, en la industria local y en la región.

La divulgación de experiencias y resultados de las prácticas por parte de los estudiantes, en jornadas departamentales como en congresos de la especialidad, constituye un importante insumo para iniciar su práctica, un generador de oportunidades y necesidad de saberes para brindar soluciones al entorno (retroalimentando la carrera con información del mismo) y un catalizador para promover nuevas prácticas, colocando la relación tripartita de la hélice en el centro de la escena para afianzar competencias de egreso.

5. Bibliografía

- [1] Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L. (1998). The Triple Helix a Model for Innovation Studies. *Science & Public Policy*, Vol. 25 (6): 358-36.
- [2] Carayannis, E.; Campbell, D. (2009). Mode 3 and the Quadruple Helix Toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem. *International Journal of Technology Management*, Vol. 46 N° 3-4, 201-234
- [3] Dimeglio, F; López Bidone E. (2010). "Universidad-Sector Productivo ¿Una vinculación deseada? Contribuciones al proceso innovativo regional a partir de la Vinculación Universidad-Empresa". Caso de estudio: Polo Informático – UNICEN. En Campos, Piñero, Figueroa (Coordinadores) *Transformaciones recientes de las Universidades Latinoamericanas. Agendas y actores en la producción de conocimiento*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
- [4] UNESCO (1995). Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo en la Educación Superior. Compuesto e impreso en los talleres de la UNESCO.
- [5] ASIBEI (2018) El aporte de la Ingeniería a los objetivos del milenio. Conferencia Regional de Educación Superior 2018 América Latina y Caribe. Recuperado el 30/09/2019. Disponible en: <https://www.utn.edu.ar/images/Secretarias/SGral/ReformaAcademica/C8-Propuesta-ASIBEI-a-la-CRES2018.pdf>
- [6] CONFEDI Libro Rojo (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [7] Reglamento de Estudio de Carreras de Grado. (2016) Ordenanza 1546/16 de Consejo Superior Universitario de la Universidad Tecnológica Nacional
- [8] Ordenanza 973 de Consejo Superior Universitario UTN (2003). Incorporación de la Práctica Profesional Supervisada como exigencia curricular en las carreras de ingeniería. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás. Anexo Único, Resolución Consejo Académico 150/03: reglamento para la Práctica Profesional Supervisada. 4222, Núm 6 p.17-37.
- [9] Gallegos, María L.; Meretta, Javier; Gómez, Leonardo; Cinalli, Marcelo; Abt, Evangelina. (2013). La Práctica Profesional Supervisada en su doble rol: como espacio curricular eficaz y herramienta de interacción con el medio. VI Congreso de Ingeniería Industrial, COINI 2013, San Rafael,

Argentina

- [10] Evans, Linsay. 2009 *Administración y control de la calidad*, 7ma edición, Editorial Cengage Learning Editores
- [11] Quaranta N., Caligaris M., Gallegos ML, *Practica Profesional Supervisada en proyectos de investigación*, COINI 2014, Pto. Madryn, Chubut, Argentina.
- [12] Kern S., Gallegos M.L, Cinalli Marcelo, *Gobierno electrónico: mejoras en la relación ciudadana en un trabajo mancomunado Universidad - Municipio para mejorar la gestión de trámites*. 20o Encuentro Argentino de Mejora Continua SAMECO 2015, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires, Argentina.
- [13] Kern S., Gallegos M.L, Cinalli Marcelo, *AVC: Desarrollo del Aula Virtual para Capacitación de agentes municipales* (2016) 21 Encuentro Nacional de Mejora Continua - Tenaris University, Campana, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- [14] Kern, Silvia, Gallegos María L., Cinalli Marcelo, Balcof Jorge, Gallegos Héctor. "Innovación y mejoras en el desarrollo de Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) en la Municipalidad de San Nicolás" (2017). 22° Encuentro Nacional SAMECO, Universidad del Salvador (USAL), Pilar, Buenos Aires, Argentina.
- [15] Gallegos, María L.; Cinalli, Marcelo; Kern, Silvia; Sager, Carolina; Gómez, Carlos. "Acciones de Responsabilidad Social vinculadas a prácticas profesionales en la UTN San Nicolás". (2017) X Congreso de Ingeniería Industrial (COINI), Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, CABA, Buenos Aires, Argentina.
- [16] Bárbaro Laura, Brex Juan Ignacio, Cinalli Marcelo, Gallegos Héctor, Gallegos M. Laura (2019) 24° Encuentro Nacional SAMECO, Centro de la Ciencia, CABA, Buenos Aires, Argentina.
- [17] *Institucionalización y monitoreo de la calidad en la producción y los servicios en organizaciones del área económica de San Nicolás* Código PID TOIAISNOOO4924TC.

Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de juegos serios

Cerrano, Marta*; Gallegos, María Laura⁽¹⁾; Cinalli, Marcelo⁽¹⁾; Feraboli, Luis

*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,

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires

mgallegos@frsn.utn.edu.ar; mcinalli@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo presenta una guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de juegos serios. Tiene como propósito especificar orientaciones que el docente podrá tener en cuenta al momento de elaborar una actividad lúdica adecuada en asignaturas universitarias. La misma es el resultado de la reflexión derivada de estudios de investigación y experimentación por parte del grupo multidisciplinario de integrantes de los proyectos de investigación "Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en ingeniería industrial, parte I y parte II", ambos radicados en la Universidad Nacional de Rosario. La finalidad de ambos proyectos es favorecer el proceso de enseñanza–aprendizaje y la integración de los contenidos disciplinares de diversas materias de Ingeniería Industrial.

Utilizar un juego en un contexto de enseñanza puede considerarse como una herramienta complementaria que aporta al aprendizaje activo, enlaza con conocimientos y experiencias previas con nuevos contenidos, promoviendo el aprendizaje significativo. Constituye un excelente medio para articular el saber con el hacer a través de la reflexión en la acción.

Desde el año 2016 el grupo de investigadores avanzó en el diseño y desarrollo de juegos serios en Ingeniería Industrial. Posteriormente, en instrumentos de evaluación. Los resultados obtenidos, indican la necesidad de establecer con claridad un procedimiento del juego, sus instrucciones y reglas, así como la planificación del espacio y tiempo (escenario) para su óptima realización.

El enfoque metodológico empleado fue empírico y exploratorio. Se utilizaron técnicas de recolección de datos primarios mediante entrevistas, encuestas, reuniones de trabajo individual y grupal.

La guía elaborada proporciona los conceptos fundamentales, principios, metodología y vocabulario (estructurado según su normalización) para auxiliar y clarificar la tarea docente en la experimentación de juegos serios aplicados en Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: juegos serios, ingeniería industrial, competencias, guía para redacción

ABSTRACT

This work presents a support guide for the writing, implementation and evaluation of serious games. Its purpose is to specify guidelines that the teacher may take into account when preparing an appropriate recreational activity in university subjects. It is the result of the reflection derived from research and experimentation studies by the multidisciplinary group of members of the research projects "Design and development of didactic strategies using serious games in industrial engineering, part I and part II", both based at the National University of Rosario. The purpose of both projects is to favor the teaching-learning process and the integration of the disciplinary contents of various Industrial Engineering subjects. Using a game in a teaching context can be considered as a complementary tool that contributes to active learning, links with previous knowledge and experiences with new content, promoting meaningful learning. It is an excellent way to articulate knowledge with doing through reflection in action.

Since 2016 the group of researchers advanced in the design and development of serious games in Industrial Engineering. Subsequently, in evaluation instruments. The results obtained indicate the need to clearly establish a game procedure, its instructions and rules, as well as the planning of space and time (scenario) for its optimal performance.

The methodological approach used was empirical and exploratory. Primary data collection techniques were used through interviews, surveys, individual and group work meetings.

The elaborated guide provides the fundamental concepts, principles, methodology and vocabulary (structured according to its normalization) to help and clarify the teaching task in the experimentation of serious games applied in Industrial Engineering.

.1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Introducción y objetivos.

La actualidad constituye una época de cambios vertiginosos (tecnológicos, sociales, científicos) con un alto grado de incertidumbre. Con transformaciones permanentes en el mundo del trabajo, en los procesos de gestión de la información y del conocimiento, dando pautas de nuevas necesidades formativas en el aula. Desde el ámbito universitario también se señala la necesidad e importancia de buscar recursos y estrategias didácticas que se adecuen a los cambios existentes.

En este contexto y alineado con estas necesidades, los educadores tienen como desafío buscar alternativas e incorporarlas en las actividades diarias para ponerlas en práctica con las nuevas generaciones.

También es creciente la necesidad de vincular contenidos desarrollados en diversas cátedras con situaciones propias de fenómenos reales que evidencien pragmatismo de lo aprendido en el ámbito que se desempeña el alumno. En los últimos años el uso de actividades lúdicas como herramientas o recursos para favorecer estas incorporaciones parecen ser un campo fértil, potencial favorecedor de la articulación entre el saber con el hacer a través de una estrategia didáctica metodológica que permita la reflexión en la acción.

Con relación al uso en educación se mencionan algunos desarrollos destacados: en el ámbito universitario en España, en el estudio y exposición de resultados del uso didáctico de los juegos serios, señalan el proyecto “Aprende y Juega con EA”, coordinado desde la Universidad de Alcalá y la UNED en colaboración con Electronic Arts; el Máster Universitario en Creación, Diseño e Ingeniería Multimedia de la Universitat Ramón Llull; el grupo F9 de la Universidad de Barcelona; Grupo Joven TIC de la Universitat Oberta de Catalunya. También se destacan instituciones como Futurelab, GaLA (Games and Learning Alliance), SGI (Serious Games Institute), el proyecto Europeo SimAULA, para la creación de escenarios de aprendizaje vía simulaciones; las plataformas Learning Spaces y E-kampus de 3Dsoft, entre otras.

Varios de estos antecedentes se desarrollan en la incorporación de juegos serios, en su forma de video juegos pero como casos particulares trabajados en la Ingeniería Industrial podemos mencionar los antecedentes del grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO) de la Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería industrial en Colombia, que cuenta con una Red Nacional de Investigación llamada red IDDEAL (Red de Investigación Desarrollo y Divulgación de los procesos de enseñanza a través de la Lúdica aplicada), en donde veintitrés grupos de investigación (eslabones) han sido formados con esta metodología y han generado más proyectos de investigación en las áreas correspondientes a la Ingeniería Industrial. Cuenta con desarrollos en las líneas de administración, sistemas dinámicos, *supply chain*, *job-shop*, *flow-shop*, aleatoriedad, producción básica, *lean manufacturing*, optimización, gestión ambiental y finanzas.

La gamificación y aplicación de juegos serios es tendencia mundial y paulatinamente se va incrementando en la Argentina.

El grupo multidisciplinario de integrantes de los proyectos de investigación mencionados anteriormente e integrados por los autores de este trabajo han trabajado desde el año 2016, considerando las necesidades de cambio planteadas y ha propuesto incorporar como actividades el ejercicio de juegos serios para favorecer el proceso de enseñanza–aprendizaje y la integración de los contenidos disciplinares de diversas materias de Ingeniería Industrial.

Los juegos pueden emplearse como herramienta didáctica complementaria en procesos de enseñanza ayudando en las tareas docentes, favoreciendo la motivación y desarrollo de diversos saberes.

Para auxiliar el proceso que deben transitar los educadores en el diseño, implementación y evaluación de actividades lúdicas, este trabajo propone como objetivo:

- presentar una guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de juegos serios.
- especificar una serie de orientaciones a los docentes a tener en cuenta en el momento de elaborar una actividad lúdica.

1.2. Marco teórico.

Desde el año 2001 tanto la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)

[1] como el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) [2] manifiestan la necesaria 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. Luego de debates e intercambios en el año 2006 CONFEDI [3] aprobó las competencias genéricas para todas las ramas de la ingeniería las que fueron aceptadas por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería en la Declaración de Valparaíso (ASIBEI) [4] y en 2017 las competencias específicas de cada titulación. Más recientemente, en el año 2018, CONFEDI aprobó el “Libro Rojo” [5], que contiene los nuevos estándares que constituyen un hito de

singular trascendencia para la Educación en Ingeniería en Argentina ya que incorpora el enfoque de las competencias profesionales como organizador de la tarea educativa.

En este contexto, se desarrollaron modificaciones en los enfoques curriculares con una perspectiva que acentúa el enfoque en las competencias y el aprendizaje centrado en el estudiante.

Según Mastache las competencias “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”. [6]

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. Según Sánchez Gómez “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”. [7] 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. [8]

Según Pérez Fernández de Velasco [9], gestionar es hacer adecuadamente las cosas, previamente planificadas, para conseguir objetivos; comprobando posteriormente el nivel de consecución. Además, la gestión se basa en el uso de herramientas y la idoneidad de las mismas reside en buena medida la eficacia de administración y aplicación.

Para adecuarse a las modificaciones en los enfoques curriculares es necesario que las instituciones pongan en práctica un proceso de mejoramiento permanente.

Los sistemas para la gestión de la calidad proporcionan una infraestructura en la cual se pueden apoyar y de este modo hacer operativos los cambios.

La Mejora de la Calidad constituye un proceso estructurado para mejorar los resultados, ofreciendo de este modo una oportunidad de mejora. El ciclo PDCA (*Plan* = Planificar, *Do* = Hacer, *Check* = Verificar, *Act* = Actuar) o Círculo de Deming, actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y el logro de manera sistemática y estructurada de la resolución de problemas.

La enseñanza supone la selección o creación de dispositivos pedagógicos. Marta Souto [10] define al dispositivo como un artificio instrumental, compuesto por personas, una institución que convoca, reglas que aseguran y garantizan el funcionamiento, un arreglo de tiempos y espacios, de personas, acuerdos teóricos y técnicos, encuadres, condiciones de funcionamiento y operación, pensado como estrategia cambiante, flexible con relación a la situación en la que se lo pone en práctica [11].

Dado que los juegos serios se consideran dispositivos pedagógicos, los integrantes del proyecto se abocaron a auxiliar la tarea docente con un instrumento que facilite la labor de gestionar el proceso gamificado.

Según un trabajo anterior de Cerrano *et al* [12] el proceso de creación de los *serious games* se divide en tres etapas: etapa 1) análisis contextual y planificación del juego, etapa 2) Dinámica y etapa 3) evaluación y se reflejan en una primera guía para el diseño de un escenario de aprendizaje basado en juegos, presentada en la tabla 1.

La propuesta del presente trabajo, amplifica la guía inicial y los estudios anteriores, con un enfoque innovador, al presentar a profesores y docentes, los pasos necesarios para desarrollar sus propios juegos de acuerdo con las pruebas y validaciones realizadas.

Un juego puede verse como una innovación educativa pues, se propone como un proceso que implica transformaciones en las prácticas de enseñanza-aprendizaje. Dichas transformaciones se manifiestan tanto en el desarrollo de las actividades primarias como de soporte, actitudes y habilidades del equipo, así como y la efectividad de las acciones.

Entendiendo la innovación educativa como un conjunto de ideas, procesos y estrategias más o menos sistematizados, mediante los cuales se trata de introducir y provocar cambios en las prácticas educativas vigentes. [13]

Tabla 1: *Formulario inicial para el diseño de un escenario de aprendizaje basado en juegos [12]*

GUIA PARA EL DISEÑO DE JUEGOS SERIOS	
Título:	
A quién voy enseñar :	
¿Qué quiero enseñar? Indicar Tema y habilidades	
Objetivos:	
¿Cómo quiero enseñar? (Indicar una o varias) Adquisición/Imitación/ Descubrimiento/Participación/ Experimentación	
Descripción del juego:	
¿Cómo lo voy a evaluar?	
Requisitos previos de los alumnos:	
¿Qué se necesita para implementarlo? Recursos/Entorno	

La guía inicial presentaba un primer análisis, por tal motivo la nueva propuesta busca ampliar su visión incorporando los siguientes ítems:

- el impacto de la infraestructura
- el ambiente de trabajo
- el soporte de ejecución
- la tecnología
- las herramientas didácticas
- la necesidad de capacitación a los colaboradores del juego serio
- las corridas de validación.

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto "Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial parte II", actualmente en desarrollo con sede en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, conjuntamente con integrantes de la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.

El grupo interdisciplinario de integrantes del proyecto ha avanzado en diseño, prueba, ajustes y puesta en marcha de diversas lúdicas realizadas en las dos universidades considerando las experiencias en el aula, talleres, jornadas, y los resultados de su observación y como así también en la elaboración de distintas herramientas de evaluación. [14] y [15]

2. METODOLOGÍA.

Se ha trabajado utilizando investigación-acción, que entiende a la enseñanza como un proceso de investigación y de continua búsqueda que conlleva entender la tarea docente integrando la reflexión y el trabajo de análisis de las experiencias que se realizan como un elemento esencial de lo que constituye la propia actividad educativa. En general, la investigación – acción constituye una vía de reflexiones sistemáticas sobre la práctica con el fin de optimizar los procesos de enseñanza- aprendizaje.

El enfoque metodológico empleado para lograr la elaboración de la guía fue empírico y exploratorio. Para ello se utilizaron técnicas de recolección de datos primarios, mediante entrevistas, encuestas, reuniones de trabajo individual y grupal.

También se realizaron talleres con la puesta en práctica de diversos diseños de juegos serios. Se utilizaron cuestionarios y guías de relevamiento de los cuales se obtuvo información acerca de la percepción del juego, su utilidad para fines de enseñanza, las características que debería tener para mantener la fidelización de los participantes, entre otros aspectos relevados. Los datos secundarios se obtuvieron de análisis

bibliográfico y documental, de estudios semejantes. Para el procesamiento estadístico de la información se utilizaron herramientas de la estadística descriptiva como representación gráfica, medidas de posición, indicadores, identificación de patrones de ocurrencia.

3. DESARROLLO.

3.1. Esquema o secuencia modelo

La información en conjunto relevada, permiten distinguir una serie de fases bien determinadas y controles necesarios para el desarrollo de una lúdica. En la figura 1 se presenta un esquema para representar las distintas fases del procedimiento general del modelo que sintetiza la guía de apoyo y sus interrelaciones.

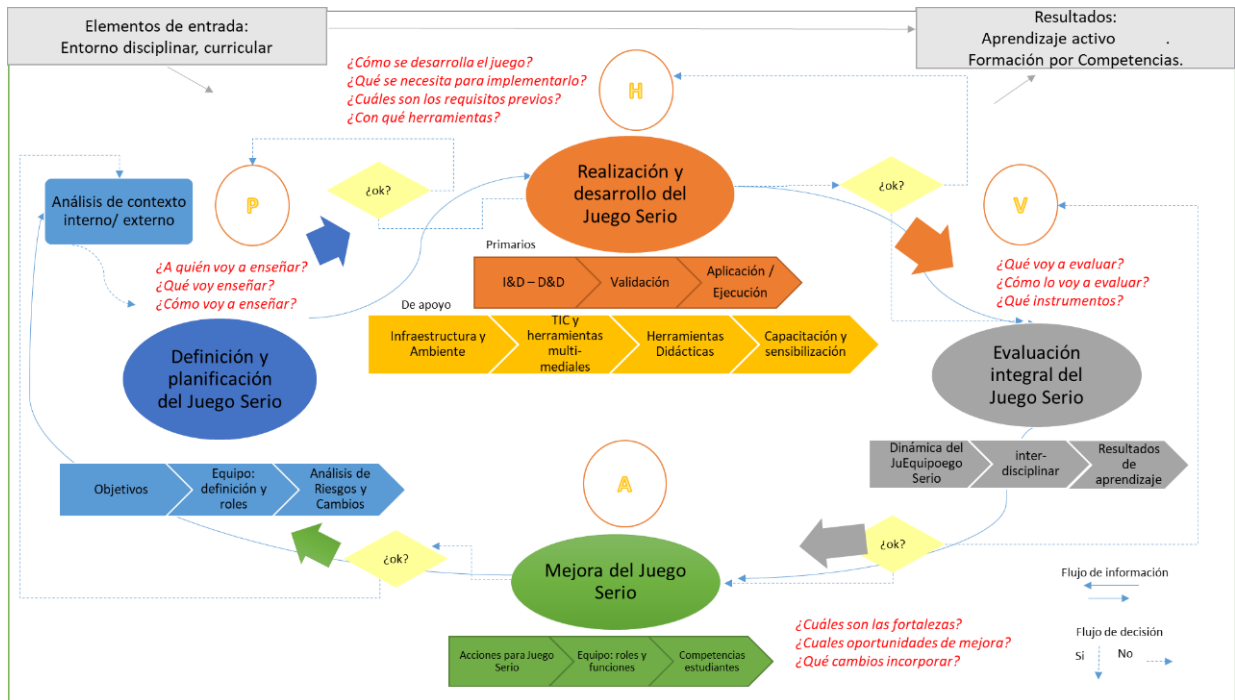


Figura 1: PDCA Gamificado - Fases del procedimiento general del modelo y sus vinculaciones. Fuente: Elaboración propia.

Para elaborar una actividad lúdica es necesario cumplir una serie de pasos que permitan su desarrollo, con una dinámica organizada y eficaz que alcance los resultados esperados del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Una guía adecuada permite al docente definir el contexto de actuación primero, para luego pasar a *la definición y planificación del juego serio*, que involucre qué enseñar, el equipo que lo instrumentará y los recursos involucrados

La *realización y desarrollo del juego*, se llevará a cabo con procesos primarios (relacionados con el diseño y desarrollo) y de apoyo (relacionados con los recursos), a través de la búsqueda de mecanismos ágiles e informáticos desarrollando las pruebas primarias de control. Pruebas que luego se aplicarán en el desarrollo y que sustentarán oportunidades de mejora. El juego “probado” deberá ser el resultado de un proceso sistemático de desarrollo y control en las distintas etapas de avance.

Cabe señalar que una guía sólo aporta un camino y acciones secuenciales que deberán adaptarse a cada lúdica, contexto asociado y actores (alumnos, profesores, moderadores). Es durante el proceso gamificado donde ocurren las confluencias entre aquello planificado y la realidad. Allí los educadores van realizando los ajustes necesarios (con la flexibilidad pertinente) para respetar lo que se ha prefijado en la guía con las pruebas piloto, hasta llegar al modelo definitivo.

Para ello es importante realizar la *evaluación integral del juego serio* una vez realizado, tanto sea en la dinámica, como en los roles e interacciones del equipo disciplinar y en los resultados de aprendizaje planificados como meta.

La *mejora del juego serio*, trae aparejada no solo acciones para las instrucciones, su puesta a punto y dinámica, sino también para el equipo y para la enseñanza centrada en el estudiante.

Por ello, a partir del avance del proyecto y su experimentación se propone un modelo o esquema para sistematizar las secuencias necesarias, de modo de cubrir todas las instancias involucradas en una actividad lúdica.

3.2. El Ciclo PDCA Gamificado.

Un juego serio deberá ser **planificado** (*definición y planificación del juego serio*) definiendo en primer lugar los objetivos generales y particulares que persigue, identificar las competencias vinculadas, establecer el equipo de integrantes que trabajarán. Así como diseñar cada paso del juego. Una vez planificado y diseñado, así como especificados los procesos intervinientes, debe ser ejecutado e implementado (**hacer**, *realización y desarrollo del juego*) siguiendo los requerimientos. En función de los requisitos y objetivos definidos en la planificación, se deberá realizar el seguimiento y medición del cumplimiento de cada uno de los procesos para realizar la **comprobación** (*evaluación integral del juego serio*) mediante instrumentos como encuestas de satisfacción, test y rúbricas. La información surgida de la comprobación constituirá información relevante para **actuar** (*mejora del juego serio*) a partir de acciones en los casos que sean necesarios y así mejorar continuamente los procesos.

3.3. Etapas.

A continuación, se describen cada una de las etapas señaladas en el ciclo PDCA Gamificado: planificación, realización, evaluación y mejora, las cuales son constitutivas de la guía de apoyo. Además, se incluyen principios fundamentales que serán marco de referencia para el desarrollo de juegos serios y su ejecución.

3.3.1. Fase preliminar o generalidades.

Principios fundamentales

Un juego serio orienta su diseño, desarrollo y seguimiento al desarrollo de estrategias de acción que persiguen algunos principios fundamentales, también denominados marco de referencia del modelo. Los mismos son:

- ✓ Enfoque u Orientación en los procesos, siendo necesario observar al juego como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas, en la que ingresan elementos de entrada que son transformados para proporcionar un resultado. Los requisitos de entrada (entorno, programas curriculares, necesidades del medio) se convertirán en los resultados de aprendizajes (competencias) a partir de un proceso de transformación (actividad gamificada).
- ✓ Orientación al usuario: es decir caracterizar al participante (o grupo de participantes), con sus gustos y preferencias, estilos de aprendizaje franja etaria (*millennials, centennials*), y motivaciones a la hora de aprender.
- ✓ La mejora iterativa, como secuencia continua de posibles oportunidades de mejora a la estrategia gamificada para desarrollar versiones cada vez más adecuadas desde lo curricular, estéticas, motivadoras y con mejores resultados.

Términos y definiciones

Deberán definirse los términos y vocabulario específicos para la elaboración de las lúdicas. Esto será útil para incluir en la presentación del juego a los participantes (en el caso que se inicie con una breve introducción o se les brinde material previo).

3.3.2. Planificación.

En esta etapa se definen los alcances que tendrá la actividad lúdica y frente a cada decisión de diseño, preguntarse ¿Qué voy a enseñar? ¿A quién voy a enseñar? ¿Cómo voy a enseñar? Para ello se describen pautas de la guía a continuación.

- ✓ Análisis de contexto interno y externo. En esta etapa se revisan y articulan características internas de la cátedra en donde se desarrollará la lúdica para enseñar un tema y perspectivas externas a la misma.

En el primer caso (análisis interno o puertas adentro), será necesario conocer objetivos de la planificación y programa de la materia, entrevistas a docentes y colaboradores de cátedra (expertos) quienes podrán proporcionar la pericia necesaria para desarrollar los conocimientos propios de las materias que dictan. En el segundo caso, se trata del diseño curricular disciplinar de la carrera (marco de actuación para el desarrollo del juego), perfil de la carrera, definida en función de la determinación de la Facultad y los requerimientos productivos, tecnológicos, económicos, sociales y ambientales.

- ✓ Planificación y definición de objetivos del juego.

La planificación implica definir objetivos y competencias que busca desarrollar, el equipo de trabajo involucrado y la determinación de una lista de control con seis (6) preguntas que conforman su definición. A continuación, se describen los mencionados:

Identificación de Competencias: en esta etapa se identifican las competencias a lograr por los alumnos durante el desarrollo de la lúdica. La formulación de competencias se analiza en relación a tres contenidos: conceptuales (competencia del dominio lógico disciplinar), procedimentales (competencias como: destrezas, habilidades, estrategias, desempeños), y actitudinales (competencias como: valores, normas y actitudes; vinculadas a las dimensiones éticas y sociales).

Determinación del equipo: implica seleccionar el grupo que desarrollará el juego. Se requiere definir los roles de las personas involucradas, es decir, los actores que participan en el juego: los estudiantes, los docentes y los tutores o moderadores. Es fundamental clarificar el número de integrantes, las funciones y responsabilidades de cada uno.

Definición del Juego: se detalla a continuación la lista de preguntas ineludibles a la hora de describir el juego serio:

- ✓ ¿Qué?: implica la selección del contenido a trabajar.
- ✓ ¿Dónde?: significa definir el ámbito de aplicación el tema (en qué materia o área disciplinar).
- ✓ ¿Cuándo?: corresponde a determinar y ubicar el espacio temporal en la planificación de la materia en la que se pretenden presentar.
- ✓ ¿Quién?: definir los actores, sus roles y funciones
- ✓ ¿Cómo?: describe la dinámica en la etapa de diseño, corresponde realizar una descripción detallada del juego, los requisitos previos necesarios. Será resultado de esta etapa el reglamento y las instrucciones para los participantes.
- ✓ ¿Con qué? los recursos como ser dispositivos, instrumentos, recompensas y uso de TIC más adecuados a la lúdica ya definida.
- ✓ Análisis de eventualidades y anticipación de cambios: para cada etapa, y en lo posible para el entorno del juego deberán estar previstas irregularidades que pudieran ocurrir, con una opción viable de acción posible para cada caso. De este modo se intenta anticipar problemas para evitar interrupciones durante la dinámica.

3.3.3 Realización del juego.

La realización o aplicación práctica del juego serio debe contemplar dos procesos secuenciales: la ejecución en prueba piloto (corrida previa) y desarrollo propiamente dicho (ejecución). A continuación, se describen cada una de ellas.

- ✓ Prueba piloto: deberán planificarse las pruebas piloto necesarias para la validación del juego, de modo de ajustar los detalles susceptibles de mejora en cuanto a su metodología y dinámica para no ser interrumpido en su desarrollo por cuestiones relacionadas con la operatoria, salvando cualquier dificultad metodológica. Esta prueba piloto comprenderá los procesos de Innovación, Diseño y Desarrollo (I&D&D), validación, revisión y verificación.
- ✓ Desarrollo o ejecución: una vez validado el prototipo del juego, se realiza la corrida o ejecución. Puede iniciarse con una pequeña presentación que explique la metodología de enseñanza y objetivos de la misma. Moderadores, docentes y estudiantes deberán asumir el rol previamente definido en 2.1.1, exponiendo el tema, las instrucciones e indicando funciones a los participantes.

Se recomienda en ambos procesos sumar a colaboradores que no hayan participado del diseño/instrumentación, en carácter de observadores de las prácticas, como oportunidad para brindar aportes que constituyan elementos de entrada para tomar decisiones en futuros desarrollos. Asimismo se requiere elaborar el instructivo del juego, sus características metodológicas, y se analizan debidamente los tiempos aproximados de realización. Pueden incorporarse esquemas, planos o figuras ilustrativas. En esta etapa es fundamental articular la dinámica de la lúdica con la teoría, para dinamizar el aprendizaje buscando un anclaje del conocimiento en el alumno. El profesor o equipo de docentes tendrán que responderse las preguntas ¿Cómo se desarrolla el juego? ¿Qué se necesita para implementarlo? ¿Cuáles son los requisitos previos? ¿Con qué herramientas?

Por ello se trata de un proceso innovador, pues cada actividad formativa planteada desde esta metodología, modifica la manera de enseñar y aprender, la comunicación y el intercambio durante la clase, los roles entre estudiantes y profesores, las propuestas evaluativas, interpelando al profesor a repensar su rol e intervención. Ejemplificando en el caso del juego serio “kanban” el profesor y el equipo de diseñadores deberán realizar un esfuerzo adicional para simular un escenario organizacional, en el área de producción, con líneas de ensamble, e instrumentos que repliquen las rutinas operativas y de gestión de almacenes.

3.3.4 Evaluación.

En función de la propuesta desarrollada se sugieren los siguientes pasos para elaborar una adecuada evaluación:

- ✓ Establecer los criterios de evaluación o indicadores del logro o desempeño (luego de identificar las competencias asociadas).

- ✓ Seleccionar el tipo de evaluación que se va a aplicar (autoevaluación, coevaluación o hetero- evaluación), 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.

Es conveniente proponer una evaluación desde el punto de vista formativo (que puede consistir en el diseño un test o examen) y un instrumento para la recolección de la opinión de los participantes. La encuesta de opinión se utiliza para conocer cómo es percibido el juego por los participantes de modo que la misma pueda utilizarse como retroalimentación y mejora para futuras réplicas. Finalmente, es necesario realizar la validación de la lúdica, realizando una prueba piloto para poder ajustar los detalles susceptibles de mejora. Esto se denomina comúnmente prueba piloto de diseño (primera corrida). El profesor o equipo de docentes tendrán que responderse las siguientes preguntas, ¿Qué voy a evaluar? ¿Cómo lo voy a evaluar? ¿Qué instrumentos voy a utilizar o desarrollar? Por ejemplo en el caso del juego serio “*Kanban*” se elaboró como instrumentos de evaluación una encuesta de percepción del alumno sobre la lúdica y una rúbrica de evaluación del trabajo en equipo.

3.3.5. Mejora.

En una dinámica gamificada, la mejora es transversal a los aspectos de enseñanza, al juego en sí mismo y al equipo constituido para llevarlo a la práctica.

- ✓ Con relación a los objetivos de enseñanza y del aprendizaje: se analiza la información recolectada. Valorando el logro de los estudiantes, es decir, elaborando un juicio sobre el grado de competencia que han 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.
- ✓ Con relación al juego: en función de los resultados de encuestas se podrá observar puntos críticos destacados a mejorar de la mecánica del juego, para sugerir cambios en próximas corridas.
- ✓ Con relación al equipo: se deberá revisar el intercambio de aportes interdisciplinarios entre los miembros, la efectividad del equipo para transmitir las reglas e instrucciones como así también las devoluciones realizadas en función de las preguntas que surgieran durante la corrida. La interacción del equipo y su trabajo colaborativo podrá valorizarse, a través de rúbricas.

El profesor o equipo de docentes tendrán que considerar las respuestas a las preguntas *¿Cuáles son las fortalezas? ¿Cuáles oportunidades de mejora? ¿Qué cambios incorporar y cómo?*

El ciclo descrito nunca termina, recomienza a partir de la planificación de los cambios y la implementación de oportunidades, analizando nuevamente nuevo contexto curricular, y el particular de la temática. Tampoco finaliza la tarea de la búsqueda docente por incorporar nuevas estrategias a la enseñanza universitaria.

4. CONCLUSIONES

Utilizar un juego serio en un contexto de enseñanza puede considerarse como una herramienta complementaria que aporta al aprendizaje activo, enlaza con conocimientos y experiencias previas con nuevos contenidos, promoviendo el aprendizaje significativo. Se pueden mencionar los siguientes beneficios potenciales de su aplicación:

- El desarrollo de competencias instrumentales y procedimentales.
- La reflexión basada en la acción.
- El aprendizaje a partir de la experiencia.
- La simulación de la realidad.
- El desarrollo de habilidades sociales y relacionales.

Este trabajo presenta el desarrollo de una guía, un protocolo pautado que auxilia y clarifica la tarea docente para el diseño, desarrollo y experimentación de Juegos Serios aplicados en la Ingeniería Industrial.

De estudios y trabajos anteriores, se destaca que este tipo de estrategias de enseñanza requiere de una planificación estructurada, un esfuerzo creativo adicional por parte de los educadores y un equipo de trabajo que interactúe continuamente. Éste, deberá estar actualizado de las necesidades de formación curricular, de las potencialidades que brinda el entorno educativo y de herramientas de modalidades innovadoras para la formación. Por ello resulta necesario para orientar e involucrar a los distintos actores participantes (estudiantes, moderadores, profesores) definir las reglas de juego, mostrar claramente procesos iniciales y

secundarios de diseño y desarrollo, así como demostrar las ventajas de su aplicación como instrumento de enseñanza centrada en el estudiante. El presente protocolo es versátil y flexible para ser aplicado en distintas materias de ingeniería industrial como en otras ingenierías. El uso de una metodología apropiada, estandarizada y flexible como la planteada en este trabajo, favorecen la articulación entre el saber con el hacer a través de una estrategia didáctica que permite la reflexión en la acción.

El esquema correspondiente al PCDA gamificado conduce a una evaluación continua y ágil de actualización, para que planes y resultados finalmente confluyan en un análisis profundo para la mejora permanente. Considerando en la planificación no solo objetivos curriculares de la Institución/asignatura, sino también necesidades del contexto. Siendo vital en el ámbito educativo sumar herramientas didácticas que contribuyan las prácticas docentes con una perspectiva que acentúa el enfoque en las competencias y el aprendizaje centrado en el estudiante.

La guía de apoyo indica la secuencia de pasos y una estructura replicable; la innovación resulta de la interacción del equipo con el proceso o actividad gamificada, para que los usuarios (alumnos y docentes) puedan interactuar en un escenario activo en donde el protagonista es el aprendizaje.

5. REFERENCIAS.

- [1] CONEAU (2001), *Aportes para la reformulación de la propuesta del CONFEDI documento de Trabajo*.
- [2] CONFEDI (2005) *Proyecto estratégico para la reforma curricular de las Ingenierías Santa Fe*.
- [3] CONFEDI (2006). *Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina*. San Juan, Facultad de Ingeniería-UNSJ.
- [4] ASIBEI (2013) *Declaración de VALPARAISO sobre competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano*. Valparaíso.
- [5] CONFEDI (2018) *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería de la República Argentina "Libro Rojo del CONFEDI"*. Rosario.
- [6] Mastache, A. (2007). *Formar personas competentes*, Ediciones de novedades educativas de México s.a. Buenos Aires.
- [7] Sánchez Gómez M. (2007) Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) en *Actas del V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables*, Bilbao.
- [8] Kapp Karl M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. John Wiley & Sons.
- [9] Pérez Fernández de Velasco, J., (2007), "Gestión por procesos", 2º Edición. ESIC Editorial
- [10] Souto Marta y otros, 1989 *Grupos y dispositivos de formación* Buenos Aires- Editorial Facultad de Filosofía y Letras Novedades Educativas
- [11] Marchisio Susana, 2003. *Tecnología Educación y nuevos ambientes de aprendizaje una revisión del campo y derivaciones para la capacitación docente* Revista RUEDA 5 pag 10- 19.
- [12] Cerrano, M; Feraboli, L; Gallegos M. (2017) *Diseño y desarrollo de un dispositivo lúdico de aprendizaje* Publicado en los Anales del X Congreso de Ingeniería Industrial (X COINI).
- [13] Carbonell Jaume (2001) *La aventura de innovar. El cambio en la escuela*. Madrid, Morata
- [14] PROYECTO IING522 *Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en ingeniería industria- parte I* FCEIA-UNR, Directora: Marta Cerrano, desde 1/1/2016 al 31/12/2017.
- [15] PROYECTO IING628 *Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en ingeniería industria- parte II* FCEIA-UNR, Directora: Marta Cerrano, desde 1/1/2018 al 31/12/2021

Aplicación de Flipped Learning y su influencia en el rendimiento académico en Métodos Numéricos, en los estudiantes de Ingeniería

Pantoja Carhuavilca, Hermes Yesser*; Suarez Fuentes, Juan Cancio**

*Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). hpantoja@utec.edu.pe.

** Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)
juan.suarez7@unmsm.edu.pe

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito determinar los efectos de la metodología activa Flipped Learning, en el rendimiento académico del curso de Métodos Numéricos en una muestra de estudiantes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). Es de diseño cuantitativo experimental, de tipo cuasiexperimental. Con una estrategia de muestreo no probabilístico, la selección de los 60 estudiantes no depende de la probabilidad es a conveniencia del investigador, divididos en dos grupos: experimental y de control, cada uno compuesto por 30 estudiantes, a quienes se les aplicó dos pruebas de conocimiento (Pre test y Post test), elaborados por el autor de la presente investigación. Estos instrumentos fueron sometidos a diferentes análisis estadísticos que determinaron que las pruebas eran válidas y confiables, luego se efectuaron las comparaciones respectivas utilizando la prueba estadística Z. Los resultados estadísticos nos indican que en el Post-test aplicado al grupo experimental se ha obtenido un mayor desempeño que en el grupo control, lo que significa que la aplicación de la metodología activa Flipped Learning ha influido significativa y positivamente en el rendimiento académico de Métodos Numéricos.

Palabras Claves: Aprendizaje, flipped learning, rendimiento académico, experimento.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the effects of the active Flipped Learning methodology on the academic performance of the Numerical Methods course in a sample of students at the University of Engineering and Technology (UTEC). It is of experimental quantitative design, quasi-experimental type. With a non-probabilistic sampling strategy, the selection of the 60 students does not depend on the probability is at the convenience of the researcher, divided into two groups: experimental and control, each consisting of 30 students, to whom two tests of knowledge (Pre test and Post test), prepared by the author of this research. These instruments were subjected to different statistical analyzes that determined that the tests were valid and reliable, then the respective comparisons were made using the statistical test Z. The statistical results indicate that in the Post-test applied to the experimental group a greater performance than in the control group, which means that the application of the Flipped Learning active methodology has significantly and positively influenced the academic performance of Numerical Methods.

1. INTRODUCCIÓN

Todo comenzó cuando dos maestros de química de secundaria, Jonathan Bergmaan y Aaron Sams, se dieron cuenta de que ambos percibían su actividad como demasiado mecánica y seca. Día tras día, los ciclos continuos de lecciones y pruebas de verificación limitaron el tiempo necesario para conocer a sus alumnos en profundidad y comprender sus necesidades, tanto en términos de aprendizaje como de relaciones. En 2007 pensaron que encontrarían este tiempo perdido al trasladar el momento de adquisición de los conocimientos básicos, esa es la lección tradicional, más allá del aula y optaron por capacitar a los estudiantes al proponer el uso de materiales digitales como una "tarea" autoformación

Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) enfocadas en la educación generan escenarios propicios para potencializar el proceso de enseñanza aprendizaje y es allí donde surgen los cursos virtuales y es por ello por lo que es tan importante contar con los recursos y herramientas necesarias para poder organizar, diseñar e implementarlos.

El rol del profesor está sufriendo una transformación a la hora de aplicar las nuevas tecnologías, pues en los profesores recae la responsabilidad de aplicar estas nuevas metodologías y tareas, vinculadas asimismo con el cambio y la innovación educativa. Los profesores, por tanto, deben contar con una formación adecuada, lo que supone un esfuerzo y un requisito complicado en muchos

contextos, no obstante, se debe tener muy presente estos aspectos en relación con el complejo desarrollo profesional del profesor, el ámbito de la formación inicial del profesorado y la formación permanente del mismo.

En este camino, la enseñanza de métodos numéricos debe necesariamente incorporar la utilización de nuevas metodologías de aprendizaje activa como el Flipped Learning que permitan al alumno aprender mejor esta área del conocimiento humano.

El aula invertida también implica una transformación del papel del maestro. El profesor deja ser el centro de la clase, convirtiendo al alumno en el actor principal, el maestro asume el rol de facilitador que trabaja con los estudiantes para guiarlos a través de experiencias individuales. El papel de "guía" puede ilustrarse utilizando la idea de Paulo Freire esa educación "no debe involucrar a una persona que actúa sobre otra, sino a personas trabajando juntas" (Smith, 2012, p. 1).

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Lo que sucede en un aula tradicional en la universidad es que la clase desarrollada se convierte en una transferencia de conocimiento, a menudo como una conferencia, posteriormente los estudiantes desarrollan las tareas fuera de clase para procesar los conocimientos explicados en clase por el profesor, a esta parte Mazur (2001) lo denominó asimilación del conocimiento. Los estudiantes no comprendían los principios básicos de la teoría de Métodos Numéricos que eran esencial para posteriormente aplicarlos en casos y proyectos del curso. Lo que se propone es que se cubra la etapa de transferencia de conocimiento antes de asistir a clase, para que el tiempo de clase se pueda utilizar para ayudar a los estudiantes a asimilar lo que han leído, visto o intentado comprender antes de venir a clase. El cambio que se plantea con la metodología activa Flipped Learning es simplemente que la transferencia de conocimiento ahora ocurre fuera y antes de la clase, y la asimilación del conocimiento ahora comienza en clase. Flipped Learning tiene como objetivo hacer que el estudiante trabaje principalmente en casa de forma independiente, aprendiendo a través de videos y podcasts o leyendo los textos propuestos por los maestros o compartidos por otros maestros. En el aula, el alumno intenta aplicar lo que ha aprendido para resolver problemas y realizar ejercicios prácticos propuestos por el profesor. El papel del profesor se transforma: su tarea se convierte en la de guiar al alumno en la elaboración activa y el desarrollo de tareas complejas. Dado que el uso de conceptos se traslada al tiempo que se pasa en casa, el tiempo que se pasa en clase con el profesor se puede utilizar para otras actividades basadas en el aprendizaje, con miras a la pedagogía diferenciada y el aprendizaje de proyectos.

El aula se convierte en un lugar donde se aliente a los estudiantes a centrarse en la experimentación directa, como el desarrollo de proyectos, aprender de manera crítica y conectar conceptos potencialmente abstractos con experiencias concretas y cotidianas. La idea es que la percepción que tienen los estudiantes sobre el valor del tiempo que pasan en la universidad debe cambiar.

2.1 Formulación del problema

¿Qué influencia tiene Flipped Learning, en el rendimiento académico del curso de Métodos Numéricos, en los estudiantes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología?

2.2 Objetivos

Determinar la influencia que tiene Flipped Learning, en el rendimiento académico del curso de Métodos Numéricos, en los estudiantes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC).

2.3 Importancia y alcance de la investigación

El estudio asumido como una modalidad educativa es muy importante porque permite el proceso enseñanza (docente) y aprendizaje (alumnos) mediante diferentes métodos, técnicas, estrategias y medios, en una situación en que el estudiante y profesor se encuentran separados, permitiendo propiciar el uso del recurso virtual en función de un mayor compromiso educativo que ayuda a consolidar la "Sociedad del conocimiento" y en la misma, la educación y la formación serán más que nunca, los principales vectores de identificación, pertenencia y promoción social. A través de la educación y la formación, adquiridas en el sistema universitario, los individuos serán dueños de su destino y garantizarán su desarrollo.

3. MARCO TEÓRICO.

Bergmaan y Sams (2014), destacan cómo "anular la enseñanza" puede proporcionar un marco operativo para alinear los conocimientos y habilidades de los estudiantes y mejorar la relación educativa a través de la tecnología y la optimización cuidadosa del tiempo.

Rodríguez (2010), sustenta la tesis: Concepción didáctica del Software Educativo como instrumento mediador para un aprendizaje desarrollador, para optar el Grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas, en la Universidad de Ciencias Pedagógicas Félix Varela Morales. Dirección de Tecnología Educativa de Cuba; de su resumen extraemos la información siguiente:

“Con el propósito de contribuir a la elevación de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje se introdujeron en las escuelas cubanas las colecciones de software educativo; en la actualidad se modernizan los laboratorios de computación y se conectan las escuelas progresivamente a la intranet nacional. Sin embargo, los resultados teóricos no han sustentado el desarrollo práctico alcanzado y, en consecuencia, existen insatisfacciones sobre la contribución de este tipo de medio al proceso de enseñanza-aprendizaje”.

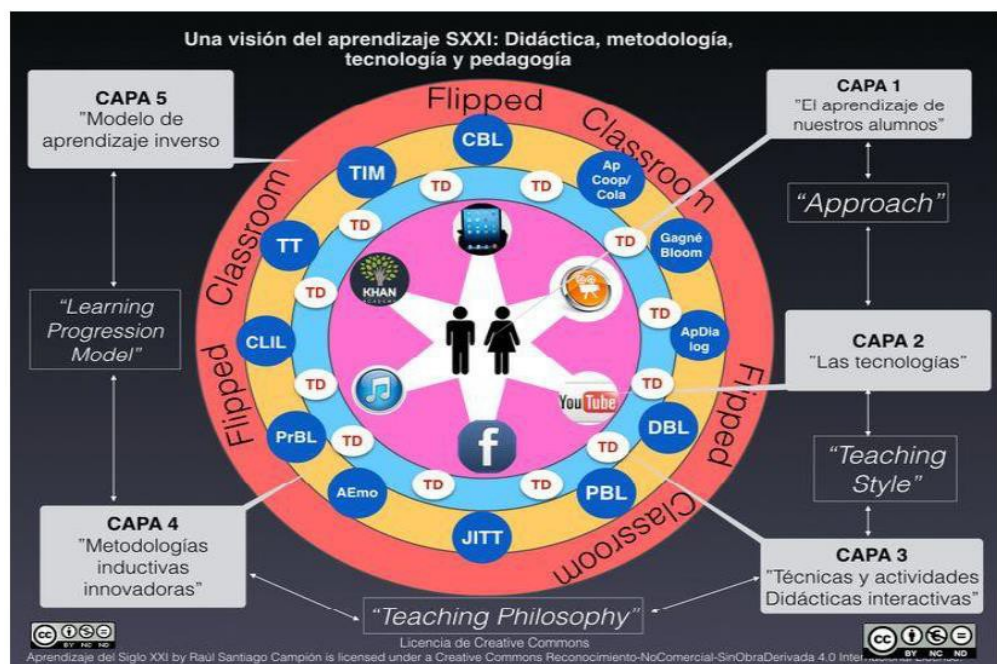
Libio Rvelo Solarte (2014): sustenta la tesis: La metodología del aprendizaje entre pares aplicada en la enseñanza de la física en educación básica para optar el grado de magister en Enseñanza en Ciencias Exactas “Que la metodología del aprendizaje entre pares contribuye significativamente tanto al aprendizaje del conocimiento científico como al cambio favorable de actitud de los estudiantes frente a la clase, pero solamente si se dan las condiciones de tiempo, lugar y disponibilidad del docente guía”

3.1 ¿Qué es Flipped Classroom?

El Flipped Classroom (FC) es un modelo pedagógico que combina la interacción cara a cara que se lleva a cabo en un salón de clase con el estudio independiente que los alumnos realizan fuera del salón de clase a través de la tecnología, esto permite transferir el trabajo de determinados procesos de aprendizaje en un horario diferente a la de clase. De esta forma se ve el uso efectivo del tiempo fuera de clase. Sin embargo, flippear una clase es mucho más que la edición y presentación de un video. Se trata de un aprendizaje combinado, el aprendizaje basado en la investigación con un enfoque constructivistas y contribuye a que los alumnos adquieran el compromiso de su propio aprendizaje.

Según Johnson, Becker, Estrada y Freeman (2014), Flipped Classroom es parte de una amplia actividad de aprendizaje que abarca el aprendizaje combinado, el aprendizaje basado en la indagación. Además, también es un modelo que contribuye a que los alumnos asuman sus propias responsabilidades de aprendizaje (Fulton, 2012)

Figura 1 Teaching Philosophy. Fuente: <https://www.theflippedclassroom.es/cuatro->



[ingredientes-para-la-educacion-del-siglo-xxi/](https://www.theflippedclassroom.es/cuatro-ingredientes-para-la-educacion-del-siglo-xxi/)

Beneficios:

- Permite el aprendizaje a su propio ritmo: Los estudiantes pueden prepararse para la clase cuando lo deseen.

- Tiempo académico totalmente utilizado para la aplicación de casos y proyectos.
- Estimula la independencia y creatividad de los estudiantes.
- Posibilidad de dedicar más tiempo a los estudiantes en dificultades mientras el resto de la clase trabaja en problemas y proyectos más complejos.
- Satisfacción de los profesores cuando se dan cuenta de que pueden trabajar con resultados de aprendizaje que son mucho más altos que la norma.

Desventajas:

- Necesidad de revolucionar completamente el método de trabajo (abolición de conferencias e interrogatorios).
- Necesidad del profesor de una larga formación pedagógica y didáctica y habilidades informáticas discretas.
- Necesidad de aumentar el trabajo preparatorio para las lecciones y los tiempos de corrección para las pruebas escritas.

4. HIPÓTESIS.

La aplicación del Flipped Learning influye significativamente en el rendimiento académico del curso de Métodos Numéricos, en los estudiantes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC).

4.1. Variables

- Variable independiente: Flipped Learning
- Variable dependiente: Rendimiento académico
- Variables Controladas: Edad, Sexo, Nivel Académico

4.2 Operacionalización de las variables

De la variable independiente: Flipped Learning. La variable Flipped Learning, ha sido dimensionada en la forma siguiente

Tabla 1: *Variable Independiente: Flipped Learning*

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE		
Flipped Learning	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente flexible. • Cultura de aprendizaje. • Diseño instruccional. • Instructor capacitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo a través del proyecto del curso. • Motivación a través de la participación de los alumnos en clase. • Reflexión y valoración del aprendizaje a través de las diferentes evaluaciones formativas. • Ejecuta y desarrolla las actividades a través de las evaluaciones continuas.

Fuente: Elaborado por el autor en base al marco teórico

De la variable dependiente: Rendimiento académico. Podemos concebirlo como los logros alcanzados por el educando en el proceso de aprendizaje, relativos a las competencias que se espera alcanzar en el diseño curricular de la institución. Para su aplicación se ha elaborado para la presente investigación, las pruebas de entrada y salida (Pre test y Post test). La aplicación fue llevada a cabo en el primer semestre del Ciclo 2019-I. Operacionalmente se define a partir de las

siguientes dimensiones e indicadores:

Tabla 2

Dimensión e indicadores del rendimiento académico

DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
1. Conceptual	<ul style="list-style-type: none"> - Obtiene conceptos fundamentales en el área del Análisis Numérico - Identifica y describe los modelos matemáticos. - Explica las aproximaciones de las soluciones de los problemas utilizando métodos numéricos. 	Operacionalmente se define a partir de las siguientes dimensiones e indicadores: (00-20)
2. Procedimental	<ul style="list-style-type: none"> - Aproxima soluciones a sistema de ecuaciones lineales y no lineales. - Aproxima funciones desconocidas o difíciles de trabajar. - Aproxima soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias. - Reconoce a través del dibujo los métodos de solución. - Resolución del problema. - Manejo de métodos de solución. 	
3. Actitudinal.	<ul style="list-style-type: none"> - Hábito para la Investigación. - Hábito para el trabajo en equipo. - Colaboración y participación. 	Test de Actitudes Escala Likert (1-5)

Fuente: Elaborado por el autor en base al marco teórico

5. METODOLOGÍA.

Para la selección del diseño de investigación se utilizó como base el libro de Hernández, Fernández y Baptista (2012) titulado “Metodología de la investigación”. Según estos autores el diseño adecuado para esta investigación es de tipo cuasi experimental, dejando claramente establecido que este diseño es parte del grupo de diseños experimentales compuestos por tres tipos de diseños: Pre experimental, experimental verdadero y cuasi experimental.

Para el caso de nuestra investigación el diseño que le corresponde es el: Diseño cuasi experimental con pre-prueba y post-prueba y grupos intactos (Uno de ellos de control), cuyo diagrama es el siguiente:

G1 O1X O2
G2 O3- O4

De donde:

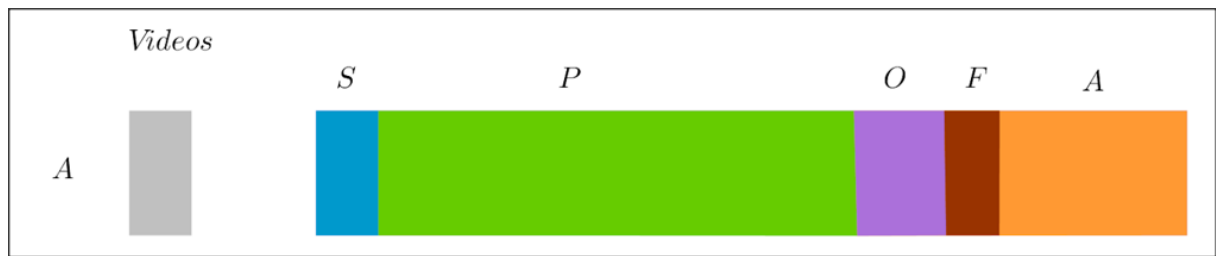
G1 Es el grupo experimental G2 Es el grupo de control O1, O3 Pretest
X1 Tratamiento experimental O2, O4 Post Test

Metodología en el curso de Métodos Numéricos – 2019-I

S: Plantear una situación para centrar la atención en lo que vamos a trabajar mediante un audiovisual, presentación de una situación contextualizada de donde emerge el concepto a aprender.
P Procesamiento de la información recibida por grupos de trabajo bajo monitoreo activo y formativo del docente.

O: Una discusión plenaria donde presenten el objeto matemático creado por los grupos
F Formalización del concepto trabajado por parte del docente.

A Trabajo en grupo de actividades adicionales propuestas por el docente. Exposición de los estudiantes de las soluciones de las situaciones Evaluación del aprendizaje adquirido.



Dubinsky, E. & McDonald, M. (2002). APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research.



Actividades en clase

6. RESULTADOS.

Tabla 3

Rendimiento académico del curso de Métodos Numéricos, en los estudiantes del III Ciclo de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), del grupo de control y experimental según pretest y postest.

Estadístico	Grupo		Test U de Mann-Whitney ^a
	Control (n=30)	Experimental (n=30)	
Pretest			
Media	4,35	4,82	U=,000
Desv. típ.	1,30	1,13	Z = -1.399 p = 0.162
Postest			
Media	8.35	10,4	U= 314,00
Desv. típ.	2,39	1,31	Z = -2,875 p = .004

Fuente: : Elaboración propia en base a pre y post test aplicado a los grupos experimental y de control del estudio

En cuanto al rendimiento académico de los estudiantes en el curso de Métodos Numéricos de la

Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), se aprecian los estadísticos del pre test de los grupos de estudio, los estudiantes al inicio presentan resultados similares en cuanto al nivel de conocimiento del curso de Métodos Numéricos, A continuación, se realizará la prueba estadística U Mann Whitney para comprobar que la diferencia de puntuaciones no es significativa. Contrastación:

- a) Hipótesis: H_0 = No existe diferencia significativa entre el grupo control (C) y grupo experimental (A) H_1 = Existe diferencia significativa entre el grupo control (C) y el grupo experimental (A)
- b) Margen de error: 5 %
- c) Prueba de U Mann whitney
- d) $P\text{-valor}=0.162 > 0.05$ entonces se acepta H_0
- e) Conclusion: No existe una diferencia significativa entre los grupos de estudio (C y A). Por lo tanto, los grupos de estudio C y A parten de similares condiciones.

Para el caso del post test se observa que el promedio de puntajes de aprendizaje del grupo experimental (A) es mayor que del grupo control (C). Se podría afirmar que la aplicación del Flipped Learning a los estudiantes tuvo un efecto en la mejora del aprendizaje de la asignatura mencionada en los estudiantes del grupo experimental (A). A continuación, se realizará la prueba estadística U Mann Whitney para demostrar que la diferencia entre los promedios de los grupos de estudio es significativa. Contrastación:

- a) Hipótesis: H_0 = No existe diferencia significativa entre el grupo control (C) y grupo experimental (A) H_1 = Existe diferencia significativa entre el grupo control (C) y el grupo experimental (A)
- b) Margen de error: 5 %
- c) Prueba U Mann Whitney
- d) $P\text{-valor}=0.00 < 0.05$ entonces se rechaza H_0
- e) Conclusion: Existe una diferencia significativa entre el grupo control (C) y grupo experimental (A).

7. CONCLUSIONES.

PRIMERA Los resultados estadísticos nos muestran que no existen diferencias significativas entre los grupos de investigación, respecto del pretest, lo que indica que ambos grupos son homogéneos. SEGUNDA Los resultados estadísticos alcanzados nos muestran que existen diferencias significativas entre los grupos de investigación, respecto del postest notándose que los alumnos del grupo experimental con el Flipped Learning, alcanzan puntajes más elevados, grupo experimental con una media de 8.35 mientras que el grupo control con una media de 10,4, obteniendo un incremento en las puntuaciones de un 25% , respecto a los alumnos del grupo de control, logrando además obtener un 20% de aprobados más respecto al grupo de control, lo cual demuestra la utilidad e importancia de Flipped Learning y por tanto la necesidad de utilizarlo regularmente en este curso.

8. REFERENCIAS.

- [1] Baker, J. W. (2000). The “Classroom Flip”, Using web course management tools to become the guide by the side. In J. A. Chambers (Ed.), Selected Papers from the 11th International Conference on College Teaching and Learning (pp. 9-17). Jacksonville, Florida Community College
- [2] Bergmann, J., Sams, A. & cols. (2014) What Is Flipped Learning? Flipped Learning Network (FLN).
- [3] Boland, A. (2013) McGraw Hill Education. Flipping the Classroom Panel Discussion, moderado por Kelly Walsh. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=3T8jfzCJza0>.
- [4] Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. y Krathwohl, D.R. (Eds.). (1956). Taxonomy of Educational Objectives. The Classification of Educational Goals, Handbook I: Cognitive Domain. New York: David McKay Company, Inc.
- [5] Calvillo Castro, Antonio Jesus (2014). El modelo flipped learning aplicado a la materia de música en el cuarto curso de educación obligatoria: Una investigación - acción para la mejora de la práctica docente y del rendimiento académico del alumnado. Universidad de Valladolid: Tesis doctoral.
- [6] Crouch CH. Y Mazur E., (2001). Peer instruction: “Ten years of experience and results”, American Journal of Physics, 69, 970-977.
- [7] Dávila, G.; García, M. y García, F. (2012). Memorias. XXII Semana de Investigación y Docencia en Matemáticas. México: Universidad de Sonora. Departamento de Matemáticas.
- [8] Fulton, K. (2012). The Flipped Classroom: Transforming Education at Byron High School: A Minnesota High School with Severe Budget Constraints Enlisted YouTube in Its Successful Effort to Boost Math Competency Scores. THE Journal (Technological Horizons in Education), 39(3), 18
- [9] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2012). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill. 108, 173, 203, 108, .238.
- [10] Johnson, L., Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). Horizon Report: 2014 Higher Education
- [11] Libro Rvelo Solarte (2014). La metodología del aprendizaje entre pares aplicada en la enseñanza de la física en educación básica. (Tesis de Maestría en Enseñanza en Ciencias Exactas)
- [12] Mazur (2001), Peer Instruction: A User's Manual, Prentice Hall.
- [13] Ortiz, L.F. (2007). «Campus Virtual: la educación más allá del LMS». Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), 4, (1) UOC. ISSN 1698- 580X.
- [14] Rodríguez, L. (2010). Concepción didáctica del Software Educativo como instrumento mediador para un aprendizaje desarrollador. (Tesis de Doctor en Ciencias Pedagógicas).

Contenido “Emprendedorismo e Ingeniería Industrial”

Contenido “Emprendedorismo e Ingeniería Industrial”	720
Desarrollo de metodologías para impulsar Startups en la UTN Facultad Regional San Rafael	721
Desarrollo Emprendedor en la Facultad de Ingeniería de la UNLP	725

Desarrollo de metodologías para impulsar Startups en la UTN Facultad Regional San Rafael

Quiles, Angel Ismaél*; Juárez Valeria

**Facultad Regional San Rafael Universidad Tecnológica Nacional
Urquiza 314 San Rafael. aquiles@frsr.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Este trabajo presenta actividades planificadas que se desarrollan dentro de la cátedra FORMACIÓN DE EMPRENDEDORES, cátedra de sensibilización, de la carrera de Ingeniería Industrial de la UTN Facultad Regional San Rafael enfocada en el desarrollo de capacidades emprendedoras en los alumnos de quinto año de dicha carrera. Estas actividades tienen por objetivo lograr la sensibilización, el desarrollo de valores y habilidades personales que permitan consolidar capacidades y destrezas relacionadas con las competencias emprendedoras.

Palabras Claves: FORMACIÓN DE EMPRENDEDORES

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

This work presents planned activities that are developed within the TRAINING OF ENTREPRENEURS chair, sensitization chair, of the Industrial Engineering career of the UTN San Rafael Regional Faculty focused on the development of entrepreneurial skills in fifth-year students of said career. These activities are aimed at raising awareness, developing personal values and skills that allow the consolidation of skills and abilities related to entrepreneurial skills.

1. INTRODUCCIÓN

Estamos viviendo una época de cambio revolucionario en cuanto a las maneras de concebir, pensar y obrar en el mundo. No es un cambio cualquiera, sino que nos encontramos nada más ni nada menos que en medio de un cambio cultural, motivo por el cual no es lo mismo formar a las personas para desempeñarse en sociedades caracterizadas por la estabilidad y los cambios lentos y periódicos que para una época, como la actual, en la que la aceleración del ritmo del cambio, las constantes innovaciones científico-técnicas y la universalización de los fenómenos, han llegado a ser fenómenos constantes de nuestra vida personal y profesional.

En este contexto, la formación del Ingeniero plantea la necesidad de aumentar su capacidad para afrontar y adaptarse a los cambios que se producen en la economía, la tecnología y el comercio internacional a un ritmo creciente, y de cómo configurar políticas, actitudes y acciones con miras a un desarrollo humano sostenible. Los graduados de ingeniería, entonces, no sólo deben ser capaces de buscar empleos, sino también deben tener iniciativa y visión, ser empresarios y creadores de empleos eficaces en el contexto global-local.

En la Argentina el fenómeno todavía tiene un desarrollo incipiente y constituye un verdadero desafío para el sistema educativo, especialmente para las universidades que deben responder a las demandas del medio brindando una enseñanza a potenciales emprendedores.

Como Universidad Tecnológica no podemos estar ajenos a esta realidad. Debemos desarrollar estrategias para el cambio de paradigma en la enseñanza de Ingeniería y contribuir al paso de la concepción de ingeniero considerado exclusivamente como empleado, a ingeniero empleado + promotor de procesos de creación de empresas + promotor de innovación.

En este sentido, la Facultad Regional San Rafael, en el marco institucional de la Universidad Tecnológica Nacional, ha desarrollado un PERFIL REGIONAL PROPIO basado en el concepto de Sociedad Responsable del Aprendizaje, acorde a las características de la región en que está inserta, respondiendo al perfil industrial y de servicios de la zona, y a las demandas educativas regionales.

La concepción de la institución está basada en la idea de esa nueva Comunidad Universitaria definida como la SOCIEDAD RESPONSABLE DEL APRENDIZAJE, donde el concepto es que TODOS SUMAN en este proceso, y el centro conceptual es el SER HUMANO, motivo por el cual, para la Regional es génesis el formar HOMBRES DE BIEN, que posean las capacidades profesionales de la Ingeniería.

La preparación distintiva, no sólo debe perseguir la “Gran Capacitación Tecnológica” del pasado, sino generar la provisión de una sólida continencia disciplinar que es básica en la Ingeniería, “INGENIERÍA DE BASE”, que indudablemente concertarán al profesional de capacidades y habilidades para la adaptación y flexibilidad, tan necesarias para asumir el cambio permanente que caracteriza el presente y que ya nadie duda, será parámetro del tiempo futuro.

Asimismo, la Universidad debe orientar todas sus estrategias formativas para dar capacidad de iniciativa - individual y colectiva- al sujeto que aprende. Se trata, por tanto, de “aprender a emprender”, a cooperar en forma activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, a tomar y compartir decisiones con el sujeto que enseña y con los que son sus compañeros de aventura. Esta capacidad para emprender debe construirse en paralelo a la capacidad de cuidar. La innovación, la iniciativa y el movimiento acelerado no deben estar en contradicción con la necesidad de conservación. Es decir, desarrollo duradero y cuidado del medio ambiente.

Ambos conceptos, aprender a emprender y a cuidar, obligan a verdaderos cambios revolucionarios en la misma dimensión de las técnicas de la enseñanza y en la propia médula de los “tiempos, contenidos y metodologías” de la educación universitaria.

Aprender a seguir aprendiendo es la principal misión de la universidad en un mundo invadido de novedad científica y tecnológica.

El eje de la Sociedad Responsable de Aprendizaje es el SUJETO QUE APRENDE (y no el “sujeto que enseña”), entendiéndose como tal a todo el que aprende, léase tanto alumnos como docentes. Esto no puede realizarse en un “marco de transmisión” sino en un MARCO DE CONVIVENCIA, lo que implica desarrollo y cuidado de un ambiente institucional con espacios, tiempos y recursos para actividades curriculares diversas y extracurriculares, relacionadas con el desarrollo de la participación, la solidaridad y la producción en equipo, la investigación, la discusión y el estudio.

Resumiendo entonces, hace especial énfasis en una formación orientada a:

- aprender a emprender
- aprender a cuidar
- y a seguir aprendiendo

En este marco, la propuesta pedagógica de la asignatura FORMACIÓN DE EMPRENDEDORES tiene como pilares fundamentales los principios que definen a la comunidad universitaria de la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional, denominada SOCIEDAD RESPONSABLE DEL APRENDIZAJE

2. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

El concepto emprendedor y sus etapas de desarrollo se abordan desde casos reales con referentes cercanos, lo que se traduce en caracterizar prácticas ciertas a fin de hacer visible lo que sucede en un contexto cambiante como es el mundo moderno. Por ello, se tematiza sobre prácticas incorporadas de la realidad, comenzando con su acepción en la clase hasta la apoyatura teórica. Luego, se articula la discusión conceptual de esas prácticas con la colaboración de un grupo de profesionales externos a la cátedra a fin de enriquecer los análisis resultantes, para ello disponemos del soporte de referentes del ecosistema emprendedor de San Rafael.

A través de ésta cátedra se busca dar respuesta aquellos estudiantes que desean poner en práctica su desarrollo emprendedor y que desean trabajar con emprendimientos que tienen potencial de crecimiento exponencial. Indirectamente se aporta a políticas que buscan cambiar la cultura local en lo que a temáticas de emprendimiento se refiere, evolucionando desde una concepción de emprendimientos tradicionales a una visión de emprendimiento tecnológicos, con mercados e impacto globales.

En este sentido se busca impulsar propuestas Startups poniendo foco en favorecer el desarrollo del talento de los estudiantes acompañándolos en este proceso bajo tres ejes:

- Mentorización
- Formación intensiva
- Educación en innovación y tutorización

2.1. Clases teórico-prácticas

2.1.1. Exposición. Se utiliza la técnica de exposición dialogada, con la participación activa de los estudiantes, realizando actividades de tipo grupal, con reflexión sobre los temas expuestos, empleando la graficación en el pizarrón, complementada con la visualización de ejemplos mediante diapositivas, videos educativos, modelos didácticos (se emplean trabajos prácticos desarrollados por los propios alumnos en cursos anteriores) y se aplican procesos informáticos de presentación en pantalla, elaborados con diversos softwares interactivos.

Cada clase expositiva está acompañada de ejemplificaciones diversas, iniciadas con una breve introducción, en la que se recuperan los saberes previos, se plantea el objetivo de la clase y la presentación general del tema o problema a exponer. Se utiliza un vocabulario técnico apropiado.

2.1.2. Método de preguntas. En el transcurso de la clase se plantean preguntas que permiten indagar el grado de comprensión alcanzado, como así también llevar a los alumnos a la discusión y análisis de información pertinente a la materia.

2.1.3. Lluvia de ideas. En aquellas instancias en las que sea necesario incrementar el potencial creativo del grupo, recabar información y resolver problemas.

2.1.4. Análisis de casos. Se acerca una realidad concreta al ambiente académico por medio de un caso real o diseñado.

2.1.5. Aprendizaje basado en problemas. Los estudiantes sintetizan y construyen el conocimiento para resolver en clase problemas relacionados con su área de especialidad.

2.1.6. Método de proyectos. Con el objeto de estimular el desarrollo de habilidades para resolver situaciones reales.

2.1.7. Exposición ante inversores. Los emprendedores pueden presentar sus proyectos ante un panel de jueces, para después invertir en la que consideren la más innovadora

2.2. Dinámicas de grupo

Se aplican metodologías del trabajo grupal para las actividades prácticas, como medio de lograr discusión, argumentación, reflexión y comunicación entre los integrantes de cada grupo. En una segunda instancia de integración, se propicia la exposición y discusión de las experiencias grupales, en exposiciones orales, por parte de los integrantes de cada grupo, al resto de la clase. En estos espacios, los docentes offician de moderadores, incitando a que todos participen en el análisis, confrontación y discusión de los conceptos expuestos por el grupo en acción.

2.3. Consultas

Estas se realizan en forma permanente durante el cursado, acordando con los alumnos clases de consulta en las instancias que se consideren necesarias, como así también atendiendo consultas por medio del correo electrónico.

3. CONCLUSIONES

Conocer tendencias disruptivas actuales que están cambiando los modelos de negocios tradicionales, permite como Universidad, trabajar en modelos de negocios que sean innovadores, fomentando además la vinculación de proyectos resultantes con inversionistas, siendo éste un proceso dedicado a la articulación, en la mayoría de los casos, por primera vez, de los alumnos, en temáticas de negociación con inversionistas.

Por otro lado, estamos convencidos que con información correcta y una guía apropiada, cualquier Startup puede ser exitosa. El camino que lleva desde la creación de la idea hasta la madurez del negocio puede ser muy largo y difícil cuando el emprendedor no tiene una guía adecuada.

4. REFERENCIAS.

[1] Amy Wallace y Edwin Catmull CREATIVIDAD, S.A.: Cómo llevar la inspiración hasta el infinito y más allá. Abril de 2014.

[2] Ponti, Franc. La Empresa Creativa. METODOLOGIAS PARA EL DESARROLLO DE LA INNOVACION EN LAS ORGANIZACIONES. Edición 2018. Autor:

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional y en particular a la Facultad Regional San Rafael. Un reconocimiento especial a la Ingeniera Industrial Daniela Sorroche por haber participado de las instancias iniciales a la formación de ésta cátedra.

Desarrollo Emprendedor en la Facultad de Ingeniería de la UNLP

Pendón, Manuela*; Williams, Eduardo; Cibeira, Natalia; Couselo, Romina; Tittone, Marcelo; Crespi Gabriel

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.
1 y 47, La Plata (1900), Buenos Aires
manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar*

RESUMEN.

En la Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia de Formulación y Evaluación de Proyectos (UIDET FyEP) de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, se realizan, en un marco interdisciplinario, las actividades de docencia, investigación, extensión y transferencia, que se encuentren relacionadas con la Evaluación de Proyectos. En particular, uno de los objetivos que se persiguen es formar ingenieros con capacidad de emprender y proyectar. Desde la docencia de grado en materias como Formulación y Evaluación de Proyectos y Administración Financiera, y en las actividades de posgrado y formación continua como los cursos de Finanzas para Emprendedores, Plan de Negocios para Emprendedores, Formulación y Evaluación de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica a partir de Fuentes Renovables y Excel para Ingenieros Industriales se realiza la capacitación formal en el objetivo propuesto. Asimismo, como actividad práctica y colaborativa se organiza el evento "Ingeniando Emprendimientos", actividad que ha sido presentada y aprobada en la Semana del Emprendedor Tecnológico promovida por la Secretaría de Emprendedores y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación. Además en el ámbito de la UIDET funciona la Incubadora de Proyectos Gioconda, reconocida con el N° de Registro N° 00380 por la Subsecretaría de Emprendedores, perteneciente al Ministerio de Producción de la Nación. Adicionalmente se llevan adelante proyectos de extensión con cooperativas de trabajo y productores frutihortícolas del cinturón platense, en los cuales los alumnos pueden participar en el marco de sus Prácticas Profesionales Supervisadas. La UIDET cuenta con un equipo interdisciplinario formado por ingenieros de distintas especialidades, y varios colaboradores alumnos próximos a graduarse, que se encuentra trabajando desde hace más de diez años. En el presente trabajo se comparten las experiencias y resultados de las actividades desarrolladas en la UIDET, como parte del desarrollo emprendedor de los alumnos de ingeniería.

alabras Claves: emprendimiento, emprendedor, ingeniería, desarrollo

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

In the Unit of Research, Development, Extension and Transfer of Formulation and Evaluation of Projects (UIDET FyEP) of the Faculty of Engineering of the UNLP, the activities of teaching, research, extension and transfer related to the Project Evaluation are carried out in an interdisciplinary framework. In particular, one of the objectives pursued is to train engineers with the capacity to be entrepreneur and to project. From undergraduate teaching in subjects such as Formulation and Evaluation of Projects and Financial Administration, and in postgraduate and continuing education activities such as Finance courses for Entrepreneurs, Business Plan for Engineers, Formulation and Evaluation of Electric Power Generation Projects From renewable sources and Excel for Industrial Engineers formal training is carried out in the proposed objective. Likewise, as a practical and collaborative activity, the "Ingeniando Emprendimientos" event is organized, an activity that has been presented and approved at the Technological Entrepreneur Week promoted by the Secretariat of Entrepreneurs and Small and Medium Enterprises of the Ministry of Production and Labor of the Nation. In addition, in the scope of the UIDET, the Gioconda Project Incubator operates, recognized with the Registration No. 00380 by the Subsecretariat of Entrepreneurs, belonging to the Ministry of Production of the Nation. In addition, extension projects are carried out with work cooperatives and fruit and vegetable producers of the Platense belt, in which students can participate in the framework of their Supervised Professional Practices. The UIDET has an interdisciplinary team made up of engineers from different specialties, and several students who are close to graduating, who have been working for more than ten years. In the present work, the experiences and results of the activities developed in the UIDET are shared, as part of the entrepreneurial development of engineering students.

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia de Formulación y Evaluación de Proyectos fue creada en el año 2013 pero su equipo se encuentra trabajando de forma ininterrumpida desde al año 2009, como cátedra. Se trata de un equipo interdisciplinario formado por ingenieros de distintas especialidades y alumnos próximos a graduarse de la carrera de ingeniería industrial.

Uno de los objetivos generales que guían las actividades de este grupo de trabajo es el de formar ingenieros con capacidad de emprender y proyectar.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Plata, de la cual es parte esta unidad, fue fundada en el año 1897, se dictan 12 carreras de ingeniería, tiene 7000 alumnos, 1200 docentes y 150 no docentes. Si bien no hay estadísticas actualizadas respecto de la elección que realizan los alumnos luego de graduarse, puede observarse que la mayoría de ellos se desenvuelven en trabajos en relación de dependencia y no en emprendimientos propios.

La relevancia del fenómeno emprendedor como impulsor del crecimiento y dinamismo económicos de un país determinan la necesidad de que la educación estimule y acompañe las capacidades emprendedoras de sus futuros profesionales, para que los mismos puedan elegir entre dos alternativas igualmente válidas: emprender o trabajar en relación de dependencia.

El ingeniero encuentra el desafío de resolver problemas desde planteamientos de gran rendimiento, multisectoriales y multifuncionales, en un contexto complejo e interdisciplinario y para ello debe combinar su bagaje de conocimientos técnicos especializados con otros saberes vinculados a la administración, finanzas y creación de empresas. De esta forma, la sociedad se beneficia del bagaje tecnológico especializado del ingeniero acompañada de una visión integradora que facilita el aporte de soluciones eficaces, eficientes y sostenibles.

Los procesos de aprendizaje requieren la utilización de metodologías docentes, definidas como el conjunto de oportunidades y condiciones que se ofrecen a los estudiantes para promover el aprendizaje. Como bien es sabido, existe un amplio abanico de metodologías utilizadas en la docencia, desde la clásica lección magistral hasta el estudio autónomo. Cada una de ellas presenta sus ventajas y sus inconvenientes. Cada método es bueno para determinadas situaciones de enseñanza-aprendizaje, pero ningún método es bueno para todas. Por ello, el profesor debe ser capaz de escoger la metodología más adecuada dependiendo de los objetivos que pretenda alcanzar con sus alumnos.

“El aprendizaje es un proceso y tiene lugar cuando la persona en virtud de determinadas experiencias que incluyen necesariamente interacciones con el entorno, produce respuestas nuevas, o modifica las ya existentes, o cuando algunas actividades ya existentes se emiten con relación a aspectos nuevos del contexto, es decir, cuando el individuo establece nuevas relaciones entre su actividad y el entorno”.

En el presente trabajo se comparten las experiencias y resultados de las actividades desarrolladas en la UIDET, como parte del desarrollo emprendedor de los alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata UNLP.

2. ACTIVIDADES DE DESARROLLO EMPRENDEDOR EN LA FI-UNLP

A continuación se comparten las distintas actividades de docencia y extensión que se realizan para promover el espíritu emprendedor de los alumnos. Como se observa, a partir de actividades de docencia y extensión se busca presentar a los alumnos distintas formas de emprender, saliendo del estereotipo del emprendedor. Se desarrollan actividades que van desde la formación académica en herramientas de finanzas y emprendedorismo hasta la participación en proyectos de extensión en cooperativas, empresas recuperadas y productores frutihortícolas del cinturón platense.

2.1. Ingeniando Emprendimientos

El objetivo de esta actividad es promover la formación, incorporación de herramientas y desarrollo de habilidades en la detección de oportunidades de negocio de base científica y tecnológica. Se realiza un Concurso de Ideas-Proyecto donde los alumnos agrupados en equipos, con integrantes de distintas especialidades de ingeniería, elaboran un plan de negocio en nivel de idea-perfil que da respuesta a problemáticas actuales del país, las cuales son presentadas a los alumnos en el primer encuentro. Cada equipo es acompañado por un equipo de ingenieros tutores que los guían de forma complementaria a las actividades grupales. Se realizan actividades de formación en las temáticas de formulación y evaluación de proyectos, elaboración de planes de negocio y finanzas para emprendedores. La actividad dura una semana con encuentros diarios y al final de la misma, un Comité Evaluador elige a los ganadores del Concurso. Se entregan certificados de asistencia a todos los participantes y menciones a los primeros puestos. Durante la semana también se realizan dinámicas de grupo que de forma complementaria a las clases teóricas buscan desarrollar el espíritu emprendedor y habilidades necesarias para emprender en los participantes. Esta actividad se desarrolló en cuatro oportunidades, siendo la primera edición en el año 2014.



Figura 1 Flyers de difusión Actividad Ingeniando Emprendimientos años 2015, 2016 y 2017.



Figura 2 Actividad Ingeniando Emprendimientos

2.2. Incubadora de la Facultad de Ingeniería: Gioconda

Incubadora de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, llamada Gioconda. Reconocida por la Subsecretaría de Emprendedores del Ministerio de Producción de la Nación es ventanilla permanente para sus programas de financiamiento: PACC Emprendedores y Fondo Semilla.

En la Incubadora se han acompañado varios emprendimientos de estudiantes de la Facultad, graduados y externos, de los cuales algunos ya están en etapa de ejecución, habiendo accedido al financiamiento solicitado. El acompañamiento incluye identificación de la idea, elaboración del plan de negocios, mentoría, asesoramiento en la elección del financiamiento y en el llenado de los formularios necesarios, rendición de cuentas, entre otras tareas.

Desde su creación en el año 2017 se han acompañado distintos proyectos los cuales han sido financiados. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- “Electrónica multimedia. Espectro - Ar” Titular del proyecto: Gerardo Suárez
 Fecha de inicio: Septiembre 2017. Clasificación del grado de innovación:
 Generación de un nuevo producto.
 Descripción: Fabricación de paneles multimedia y pantallas led. Servicio de asistencia técnica y asesoramiento de instalación. Durante el año 2018 el Plan de Negocios elaborado fue aprobado por el Ministerio y el emprendedor accedió al Programa Fondo Semilla por \$250.000 a tasa cero para llevar adelante el proyecto.



Figura 3 Proyecto Incubado “Electrónica multimedia. Espectro - Ar”

- “Muro portante de tabique doble madera arriostrado” Titular del proyecto: Horacio Garate Fecha de inicio: Octubre 2017 Clasificación del grado de innovación: Incorpora una nueva tecnología o prácticas en el proceso productivo. Descripción: Ser proveedor de los elementos que conforman esta nueva tecnología de fabricación (el muro: tablones mecanizados + llaves) a empresas constructoras, así como asistencia técnica y capacitación. Durante el 2018 el Ministerio aprobó el Plan de Negocios elaborado y le dio al emprendedor un crédito a tasa cero de \$250.000.



Figura 4 Proyecto Incubado “Muro portante de tabique doble madera arriostrado”

- “Spin parking” Titular del proyecto: Faustino Chechonis Fecha de inicio: Diciembre 2018. Clasificación del grado de innovación: Generar un nuevo producto/servicio. Descripción: Marketplace de economía colaborativa. SpinParking es una plataforma de economía colaborativa que conecta propietarios de cocheras desocupadas en algún momento del día, con conductores que desean estacionar. De esta manera, los propietarios generan ingresos extra de un espacio ocioso y los conductores pueden planificar su reserva de manera estratégica y a un precio menor que el del mercado. SpinParking es una solución digital de movilidad urbana que genera un impacto social. Se elaboró y presentó el Plan de negocios para acceder al Fondo Semilla.



Figura 5 Proyecto Incubado “Spin parking”

- “Biocuno” Titular del proyecto: Agustin Molina Fecha de inicio: Junio 2019. Clasificación del grado de innovación: Generar un nuevo producto/servicio. Descripción: biofertilizante orgánico a partir de residuos vacunos. Proceso por biodigestión. Plan de negocios en elaboración.



Figura 6 Proyecto Incubado “Biocuno”

2.3. Proyectos y Actividades de Extensión

Proyecto Fortalecimiento de la Agricultura Familiar en el Gran La Plata Manos de la Tierra

El proyecto en el cual participan diez estudiantes y tres docentes se enmarca dentro de las prácticas profesionales supervisadas de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Fue aprobado y acreditado en la convocatoria extraordinaria de la UNLP 2018, siendo el único elegido para la Facultad de Ingeniería. En la primera etapa, las observaciones en territorio se realizaron durante cinco meses.

La Feria Manos de la Tierra nuclea a varios productores hortícolas de la zona, posee un espacio de venta directa del productor al consumidor desde hace 11 años en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y hace 8 años en la Facultad de Ingeniería. El proyecto se realizó junto con nueve familias productoras.

El objetivo general del proyecto es caracterizar productiva y comercialmente a los productores de la Feria “Manos de la Tierra” (planificación productiva y uso de insumos, costos de producción, etc.), añadiendo valor económico y social sostenible.

Gracias a estos espacios de intercambio, las participantes pudieron conocer un poco más de la realidad de los productores hortícolas de la zona, cómo por ejemplo sus condiciones de hábitat, cuáles son las prácticas para llevar a cabo su trabajo, como también han podido relevar algunas de las problemáticas existentes en una realidad laboral y productiva que no siempre es valorada como corresponde. En lo profesional, las estudiantes fueron capaces de poner en práctica diferentes técnicas y herramientas, aprendidas en la facultad, para analizar los datos que han ido recolectando a lo largo del proyecto. La experiencia les permitió salir del esquema fábricas/empresas, mostrándoles otro ámbito desconocido para su profesión cómo es el campo y la agricultura, en el cual pudieron aportar su conocimiento y trabajar en ello. Vieron cómo la ingeniería se puede adaptar a problemáticas de cualquier índole siempre teniendo el mismo objetivo, la resolución de problemas de manera eficaz y eficiente.

Por parte del equipo de coordinación, de la autoevaluación surge que los alumnos de ingeniería poseen una formación estructurada “más dura” donde a través de proyectos de extensión como el presente se desarrollan otras habilidades como la identificación de problemáticas sociales, que repercuten en forma directa en nuestro quehacer profesional, la empatía, la capacidad de diálogo, el intercambio de saberes, etc. Dichas habilidades no siempre pueden ser obtenidas dentro de un aula o incluso no pueden ser obtenidas desde la teoría, sino necesariamente en la participación en espacios interdisciplinarios en territorio donde se deben enfrentar a realidades diversas, que los expone a utilizar una mirada crítica y sus conocimientos integrales para poder dar respuesta a las más diversas situaciones, estando en relación y diálogo continuo con actores claves como en este caso la familia productora.

Es decir, comprender que de la teoría a la práctica hay varios pasos, y que hay personas involucradas con inquietudes, necesidades, conocimientos, costumbres, hace de estas experiencias, oportunidades realmente valiosas para que los y las estudiantes de ingeniería industrial desafíen su bagaje de conocimientos y su entrenamiento como futuros profesionales. Les permite acercarlos a su realidad circundante y encontrar un sentido diferente al que se puede presentar desde la formalidad de lo académico.

Desde la experiencia práctica surge que articular los tiempos de cursadas y estudios con los tiempos que requiere formar parte de un proyecto de extensión no es tarea fácil. Así y todo es posible gracias al compromiso de cada estudiante, que entiende que esta experiencia, con su metodología ayuda no solo en su formación como futuros profesionales, sino también a intentar modificar las realidades desfavorables del sector. Este mismo compromiso se puede “contagiar” a futuros estudiantes para

que sigan con este deseo de querer aportar e incorporar conocimientos y colaborar con un sector trabajador generalmente postergado y desvalorizado erróneamente.



Figura 7 Proyecto Fortalecimiento de la Agricultura Familiar en el Gran La Plata Manos de la Tierra

Programa de asistencia a la Federación de Cooperativas de Trabajo de la República Argentina

Desde diciembre 2018, grupos de alumnos y docentes realizan tareas para la realización de asesoramiento técnico, colaboración y capacitación a las cooperativas asociadas a FECOOTRA. En particular se firmaron cartas compromiso con las Cooperativas:

- “Safra” dedicada principalmente a la elaboración de caldos dietéticos (<http://www.caldietsafra.com.ar/>). Se realizó como primera tarea el armado de un curso de Excel Básico para los cooperativistas.
- “1 de Agosto” dedicada a la producción metalúrgica (<http://www.1deagosto.com/>). Se realizó como primera tarea la certificación del proceso de agua desmineralizada, utilizada como insumo de otros procesos.



Figura 8 Programa de asistencia a la Federación de Cooperativas de Trabajo de la República Argentina

2.4. Docencia de Grado

Administración Financiera

Es una materia de cuarto año de la carrera de Ingeniería Industrial cuyo objetivo es proporcionar los

elementos conceptuales y técnicos básicos para el desarrollo de las funciones de análisis, planificación y gestión financiera propias de toda organización, con énfasis en el control y gestión de los costos, y en la selección y gestión de las fuentes internas y externas de financiamiento, y en su utilización, atendiendo adecuadamente a los riesgos involucrados, particularmente en mercados inestables. Esta materia es dictada durante el segundo semestre de cada año, con una carga horaria semanal de 9 hs. El promedio de alumnos cada año es de 110.

Se desarrolla bajo el régimen teórico-práctico, presentándose y explicándose los conceptos teóricos seguidos de su aplicación práctica, la que está basada en la mayor

medida posible en la utilización de índices e información económica de disponibilidad general, poniéndose énfasis en la búsqueda, interpretación y utilización de la misma por los alumnos. El alumno primero recibió el desarrollo teórico conceptual para luego proceder con el desarrollo de la aplicación práctica correspondiente. Se estimula la preparación y utilización de hojas de cálculo y la producción de cuadros y gráficos, y cuando corresponde, de la simulación. Siempre que la cantidad de alumnos de lo permite se procura vincular las aplicaciones prácticas a las particularidades de las actividades, las empresas y el ejercicio profesional correspondiente a cada una de las mismas.

La evaluación se basa en la participación en las clases, en la preparación, presentación y discusión de los trabajos a efectuar durante el curso, y en dos parciales, según la reglamentación. Los dos parciales son teórico-prácticos con una recuperación cada uno.

Formulación y Evaluación de Proyectos

Materia de quinto año de Ingeniería Industrial dictada en ambos semestres con una carga horaria de 9 hs semanales. Su objetivo es Proporcionar los elementos conceptuales y técnicos necesarios para el análisis, la adopción y la implementación de decisiones profesionales informadas y racionales a nivel de las unidades económicas de producción de bienes y servicios, relacionadas con sus políticas y estrategias a mediano y largo plazo, y con los proyectos de inversión, producción y distribución de bienes y servicios, particularmente mediante la utilización de las técnicas actualizadas para la formulación y evaluación de proyectos, basadas en el análisis costo-beneficio económico y social, incorporando factores institucionales y ambientales, tanto en el plano de la actuación profesional individual como organizacional.

El enfoque del desarrollo del curso consiste en proporcionar los elementos básicos de la formulación y evaluación de proyectos, desde el punto de vista privado y social, con un enfoque simultáneamente conceptual y práctico. Consecuentemente es desarrollado bajo el régimen teórico-práctico, presentándose y explicándose los conceptos teóricos seguidos de su aplicación práctica con la participación de los auxiliares docentes de la cátedra, la que está basada en la mayor medida posible en la utilización de índices e información económica de disponibilidad general, poniéndose énfasis en la búsqueda, interpretación y utilización de la misma por los alumnos. El alumno primero recibe el desarrollo teórico conceptual para luego proceder con el desarrollo de la aplicación práctica corresponde diente. Se efectúan exposiciones de casos a cargo de grupos de alumnos.

La evaluación se realiza a través de dos parciales teórico-prácticos, con una recuperación cada uno. Los alumnos realizan a lo largo del semestre la formulación y evaluación de un proyecto como actividad práctica de la materia. Este trabajo lo realizan en equipos de 5 alumnos cada uno y la nota de dicho trabajo representa un 70% de la nota final de la materia. Desde el año 2009 se han evaluado 177 proyectos, a razón de 18 proyectos por año. Desde el año 2009 han participado más de 100 alumnos como colaboradores a los docentes y la materia es cursada por 100 alumnos por año aproximadamente.

2.5. Docencia de Post Grado y Formación Continua

Curso válido para carreras de posgrado Finanzas para Emprendedores

Destinado a graduados y alumnos del último año de todas las carreras de ingeniería, tiene una duración de 30 hs y su objetivo es que los participantes desarrollen nociones de análisis e interpretación de información contable, financiera, y estén en condiciones de evaluar de qué forma las decisiones de negocios impactan en el valor de la firma, desarrollando al mismo tiempo la capacidad de comprensión de información contable.

Curso válido para carreras de posgrado Formulación y Evaluación de Proyectos

de Generación de Energía Eléctrica a partir de Fuentes Renovables

Destinado a ingenieros de todas las especialidades, tiene una duración de 30 hs y su objetivo es que los participantes adquieran conocimientos y herramientas de formulación y evaluación de proyectos de energías renovables desde el punto de vista privado, considerando la estructura del sector eléctrico y normativa vigente en Argentina.

Curso de formación continua Excel para Ingenieros Industriales

Destinado a alumnos de todos los años de la carrera de ingeniería industrial, tiene una duración de 30 hs y su objetivo es desarrollar en el alumno los conocimientos necesarios que le permitan comprender las utilidades y funciones que ofrecen las planillas de cálculo como herramientas para potenciar su habilidades y generar información útil para su desempeño profesional.

Curso válido para carreras de posgrado Plan de Negocios para Emprendedores

Destinado a graduados y alumnos del último año de todas las carreras de ingeniería, tiene una duración de 30 hs y su objetivo es que los participantes adquieran conocimientos introductorios y herramientas para confeccionar un plan de negocios y evaluar inversiones desde el punto de vista privado, desarrollando al mismo tiempo la capacidad de tomar decisiones respecto de sus principales variables: inversión, costos, financiamiento, etc.



Figura 9 Actividades de Post Grado y Formación Continua

3. CONCLUSIONES.

El mundo actual presenta distintos desafíos a los futuros graduados que la formación universitaria debe atender. La formación del ingeniero para la solución de problemáticas de la sociedad circundante debe incluir no solamente el conocimiento técnico específico sino también el mínimo de habilidades y herramientas que le permitan convertir sus ideas en oportunidades de negocio. Esto les brinda una alternativa laboral tan válida como la de incorporarse como profesionales de compañías u organismos del estado.

La promoción de herramientas por parte del estado para fomentar el emprendedorismo no debe desatenderse en cuanto son vehículos útiles para dar el puntapié inicial a los emprendimientos. Programas tales como el Fondo Semilla ha permitido poner en marcha proyectos que de otra forma hubiesen quedado en meras ideas o se hubiesen postergado. Es de vital importancia trabajar en el desarrollo de herramientas de financiamiento adecuadas para las distintas etapas del desarrollo emprendedor.

Vincular a los alumnos próximos a graduarse con problemáticas reales del medio productivo cercano les permite desarrollar habilidades que no siempre pueden ser obtenidas dentro de un aula o incluso no pueden ser obtenidas desde la teoría, sino necesariamente en la participación en espacios interdisciplinarios en territorio donde se deben enfrentar a realidades diversas, que los expone a utilizar una mirada crítica y sus conocimientos integrales para poder dar respuesta a las más diversas situaciones, estando en relación y diálogo continuo con actores claves como en este caso según los proyectos sobre los que se abordó productores del sector primario, cooperativistas o trabajadores de empresas recuperadas.

Por su plan de estudios e incumbencias, pareciera que es el ingeniero industrial el que de forma natural surge como ingeniero emprendedor haciendo uso de la ventaja competitiva que representa tener los conocimientos, entre otros, de diseñar, proyectar y planificar operaciones, procesos e instalaciones para la obtención de bienes industrializados, a la vez que puede determinar la factibilidad de proyectos y su evaluación económico – financiera. Sin embargo por la experiencia hasta aquí adquirida, el interés en actividades que promuevan el emprendedorismo excede a la ingeniería industrial estando presente en alumnos de las distintas carreras de ingeniería.

4. REFERENCIAS.

- [1] www.ing.unlp.edu.ar
- [2] De Miguel, M. (2005). 'Modalidades de Enseñanza centradas en el desarrollo de Competencias: Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior. Proyecto EA2005-0118.
- [3] Fernández, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24: 35-56
- [4] Contreras, E. G. (2006). Trasladando el eje de la docencia desde la enseñanza al aprendizaje: Modelo Formativo Basado en Competencias. En actas del XXII Interamerican Congress of Chemical Engineering. V Argentinian Congress of Chemical Engineering, Octubre, Buenos Aires.
- [5] Yániz, C. (2008). Las competencias en el currículo universitario: implicaciones para diseñar el aprendizaje y para la formación del profesorado. *Revista de Docencia Universitaria. REDU*, 6, 1.
- [6] Sanjurjo, L.; Caporossi, A.; España, A. E.; Hernandez, A.M.; Alfonso, I. y Foresi, M.F. (2009). *Los dispositivos para la formación en las prácticas profesionales*. Homo Sapiens Ediciones. Rosario.

Contenido “Trabajos Destacados”

Contenido “Trabajos Destacados”	737
Evolución de la comunidad microbiana nativa durante el proceso de biodegradación de un residuo procedente de estaciones de servicios	738
Análisis Comparativo entre las Metodologías de Vinculación Universidad - Empresa. Un Caso De Estudio	739
Desarrollo de modelos híbridos para la optimización de la gestión energética de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables, almacenamiento y consumo.....	740
Competitividad internacional y performance exportadora	741
Innovaciones en el diseño del sistema "sach" de prevención de choques frontales para automóviles	742
Formación por competencias: Ejemplo de diseño de una actividad para integrar y movilizar saberes, y su evaluación.....	743

Evolución de la comunidad microbiana nativa durante el proceso de biodegradación de un residuo procedente de estaciones de servicios

Cambarieri Luciana*, Pucci Graciela Natalia ⁽¹⁾, Acuña Adrián Javier

**Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional, Río Gallegos (9400) Santa Cruz. luciana_cambarieri@yahoo.com.ar*

(1) Centro de Estudios e Investigación en Microbiología Aplicada, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia (9000) Chubut.

RESUMEN

La biodegradación es un proceso natural mediante el cual los microorganismos transforman los contaminantes en compuestos menos tóxicos.

El objeto de este trabajo es evaluar la respuesta de una comunidad microbiana nativa presente en un suelo, durante el proceso de biodegradación de un residuo generado en estaciones de servicio. Se tomaron muestras de residuos líquidos de una estación de servicio en la ciudad de Río Gallegos. El hidrocarburo extraído se analizó mediante GC/MS. Se realizaron ensayos de biorremediación en microcosmos a base de suelo no contaminado durante 100 días con una relación C:N:P: de 100:2,5:0,25, 10% de humedad y 3 % del residuo. Se monitoreó por cuantificación del dióxido de carbono generado por la mineralización de hidrocarburos. Muestras de suelos fueron tomadas a diferentes tiempos para cuantificar hidrocarburos por GC/FID, conteo de bacterias aerobias totales (BAT) y bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH). También se monitoreó la comunidad bacteria por el análisis de los ácidos grasos microbianos extraídos directamente desde las muestras. El residuo presentó una composición de hidrocarburos rica en n- alcanos comprendidos entre C12 y C25. La mineralización alcanzó a un valor máximo de 14000 mg CO₂.kg⁻¹ y alrededor de un 80% de biodegradación. La biodegradación fue realizada principalmente por bacterias y actinomices, observándose que la comunidad bacteria se fue modificando a medida que la concentración de hidrocarburos disminuyó.

Palabras Claves: biodegradación, hidrocarburos, bacterias, lixiviado

ABSTRACT

Biodegradation is a natural process by which microorganisms transform pollutants into less toxic compounds.

The aim of this work is to evaluate the response of a native microbial community present in the soil, during the biodegradation process of a waste generated in service stations.

Liquid waste samples were taken from a service station in the city of Río Gallegos. The extracted hydrocarbon was analyzed by GC / MS. Bioremediation tests were carried out in microcosm based on uncontaminated soil for 100 days with a C: N: P: ratio of 100: 2.5: 0.25, 10% humidity and 3% of the residue. It was monitored by quantification of carbon dioxide generated by hydrocarbon mineralization. Soil samples were taken at different times to quantify hydrocarbons by GC / FID, total aerobic bacteria (BAT) count and hydrocarbon degrading bacteria (BDH). The bacterial community was also monitored by the analysis of the microbial grades extracted directly from the samples. The residue had a hydrocarbon composition rich in n-alkanes between C12 and C25. The mineralization reached a maximum value of 14000 mg CO₂.kgsoil⁻¹ and about 80% biodegradation. The biodegradation was carried out mainly by bacteria and actinomyces, observing that the bacterial community was modified as the concentration of hydrocarbons decreased.

Análisis Comparativo entre las Metodologías de Vinculación Universidad - Empresa. Un Caso De Estudio

Rossetti, Germán¹; Aisa, Silvia²; Talbot Wright, Lorena²

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Argentina, groseti@fiq.unl.edu.ar

²Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Córdoba

Bv. Enrique Barros s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina, Silvia.aisa@gmail.com

RESUMEN

La vinculación Universidad-Empresa, actualmente se considera un motor económico clave, ya que dicha sinergia maximiza la utilización de la experiencia de cada parte para contribuir al desarrollo económico del país o bien de la región. Por lo tanto, se espera que la transferencia de conocimientos y tecnologías entre el sector académico y la industria estimule la innovación, de manera de resolver problemáticas reales del sector productivo. La innovación tecnológica es el resultado de un conjunto de relaciones complejas entre los actores que producen, distribuyen y aplican el conocimiento de diferentes áreas. En el presente trabajo se realiza un análisis de la implementación de una metodología de vinculación Universidad-Empresa desarrollada en Suecia, denominada AIMday. En primer lugar, se realiza un estudio de los procesos de interacción y transferencia de tecnología entre universidad y empresa, llevado a cabo tanto por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), como por la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Luego, se presenta la metodología desarrollada en Suecia y su aplicación en ambas universidades, realizando un estudio comparativo de tipo cualitativo y cuantitativo, que describe las posibles ventajas y desventajas que cada una de estas metodologías presenta en su implementación.

Palabras Claves: Vinculación, Universidad, Empresa, Metodología

ABSTRACT

The University-Company relationship is currently considered a key economic engine, since this synergy maximizes the use of each party's experience to contribute to the economic development of the country or the region. Therefore, the transfer of knowledge and technologies between the academic sector and the industry is expected to stimulate innovation, in order to solve real problems of the productive sector. Technological innovation is the result of a set of complex relationships between the actors that produce, distribute and apply knowledge of different areas. In this work, an analysis of the implementation of a University-Company linking methodology developed in Sweden, called AIMday, is carried out. In the first place, a study of the processes of interaction and transfer of technology between university and company is carried out, carried out both by the National University of Córdoba (UNC), and by the National University of the Coast (UNL). Then, the methodology developed in Sweden and its application in both universities is presented, making a comparative study of qualitative and quantitative type, which describes the possible advantages and disadvantages that each of these methodologies presents in its implementation.

Desarrollo de modelos híbridos para la optimización de la gestión energética de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables, almacenamiento y consumo.

Sabor, Mauricio*; Jones, Alan Aeron; De Bernardez, Leopoldo; Vilaboa, Iván

*Escuela de Ingeniería y Gestión, Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Eduardo Madero 399, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1106ACD
*msabor@itba.edu.ar*

RESUMEN

Se desarrolló un modelo híbrido para la gestión de la energía de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables y no renovables, almacenamiento en baterías, producción de hidrógeno y consumo. El modelo permite no solamente optimizar el desempeño de la red eléctrica propuesta sino también analizar instalaciones de producción y acumulación de energía considerando la oferta y la demanda, los costos involucrados y los precios de compra y venta de energía a la red.

Se utilizaron modelos analíticos para la estimación de la generación eólica y solar fotovoltaica teniendo en cuenta variables meteorológicas. Para la acumulación en baterías se consideraron las curvas de carga y descarga y para la generación de hidrógeno las curvas características de electrolizadores a alta presión.

El modelo completo incluye agentes para la toma de decisiones como compra y venta de energía a la red, acumulación en baterías o producción de hidrógeno.

Se verificó la validez del modelo y las lógicas utilizadas planteando diversos escenarios, en los que fue posible observar las fluctuaciones en la generación, la acumulación y el consumo.

El modelo puede ser aplicado a diversos casos, gestionando decisiones en redes existentes o permitiendo dimensionar proyectos en función de la demanda prevista y de la decisión de incorporar diferentes tipos de sistemas de generación y acumulación de energía eléctrica.

Palabras claves: Gestión energética, simulador, modelo híbrido.

ABSTRACT

A hybrid model was developed for the energy management of a power system with connection to the grid, generation through renewable and non-renewable sources, battery storage, hydrogen production and energy consumption. The model allows not only to optimize the performance of the proposed power system but also to analyze energy production and accumulation facilities considering the supply and demand, the costs involved and the prices of buying and selling energy to the grid.

Analytical models were used to estimate wind and solar photovoltaic generation taking into account meteorological variables. For the storage in batteries, typical charge and discharge curves were considered and characteristic curves of high pressure electrolysers were used for hydrogen generation.

The complete model includes agents for decision making such as buying and selling energy to the grid, accumulation in batteries or hydrogen production. The validity of the model and the logics used were verified by proposing various scenarios, in which it was possible to observe the fluctuations in generation, accumulation and consumption.

The model can be applied to various cases from optimizing decisions in existing networks to allowing projects to be sized based on the expected demand and supporting the decision to incorporate different types of electricity generation and accumulation systems.

Competitividad internacional y performance exportadora

*Serra, Diego (1), Rodríguez, María Soledad (2), Novellino, Hilda (3), Potenzoni, Micaela (4), Carnuccio, Julieta (5), Jerez, Julián (6); Mariño, Gabriel (7)

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 / <http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/i4>

(1) diego.g.serra@gmail.com

RESUMEN.

El desempeño exportador de un país, región o sector determinado, definido como el éxito o fracaso relativo de los esfuerzos por vender bienes y servicios en otras naciones, se encuentra vinculado a la evolución en la composición de las exportaciones para determinado período, medida en términos de la diversificación de los productos exportados, los mercados de destino y el número de firmas exportadoras. Asimismo, la continuidad de las firmas en la exportación favorece el desarrollo de nuevos productos de exportación y la inserción efectiva en nuevos mercados de destino.

La evolución positiva del desempeño exportador está relacionada, de esta manera, con la competitividad de las exportaciones en términos de la integración dinámica de países y productos a mercados internacionales (Dussel, E.; 2001). En el marco de esta perspectiva teórica, una industria gana competitividad si su participación en el comercio mundial aumenta (Máttar, J.; 1999). Nos referimos, bajo este marco de análisis, a la competitividad comercial internacional, ya que nos interesará medir principalmente los aspectos comerciales vinculados a la competitividad de las exportaciones.

El objetivo de la presente investigación consiste, por tanto, en la revisión de la bibliografía existente en materia de competitividad internacional, a fin de comprender los diferentes indicadores e índices desarrollados hasta el momento con la finalidad de evaluar el grado de competitividad que presentan las exportaciones de un país, región o sector bajo análisis en materia comercial. El objetivo último será adaptar los conceptos e indicadores presentes en los índices desarrollados hasta el momento, a fin de construir una matriz de competitividad que vincule condiciones de oferta y demanda en un mismo análisis de inserción internacional.

Palabras Claves: Exportaciones – Competitividad Internacional – Desempeño Exportador.

ABSTRACT

The Export Performance of a nation, country or sector, defined as the relative success or failure of the efforts to sell its goods and services in other nations, has a relationship with the evolution of exports composition during a given period, measured in terms of exports products diversification, destination markets and number of firms exporting. Also, continuity of firms in the exports market contributes to the development of new products for export and the effective insertion in new destination markets.

Overall, a positive evolution of Export Performance is related to competitiveness of exports in terms of dynamic integration of countries and products to international markets (Dussel, E.; 2001). According to this theory, an industry adds competitiveness if its participation in international commerce increases (Máttar, J.; 1999). This refers to Commercial International Competitiveness, since we will be interested in measuring the commercial aspects of competitiveness of exports.

Main goal of this investigation consists on reviewing bibliography about International Commercial Competitiveness in order to understand the different variables and indexes developed by existing bibliography to evaluate how competitive a given country, region or sector exports are. Ultimate goal will be to adapt existing indexes so as to build a competitiveness matrix which relates offer and demand conditions under the same international insertion analysis.

Innovaciones en el diseño del sistema "sach" de prevención de choques frontales para automóviles

Rissetto, Miguel A.; Campos, Juan E.; Bertini Edgardo R.; Prat, Miguel A.; Oris, Ramón A.; Rodríguez, Gustavo A.

*Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.
Ramón Franco 5050, (1874), Villa Domínico, Buenos Aires, Argentina.
miquelrissetto@gmail.com*

*Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional. Bernardino Rivadavia 1050, (4000),
San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina
mpratutn@gmail.com*

RESUMEN.

La República Argentina ostenta uno de los índices más altos de mortalidad por accidentes de tránsito en el mundo. Una de las causas de mayores muertes son los choques frontales en rutas de un carril por mano. El presente trabajo corresponde al avance del proyecto SACH en desarrollo –iniciado en 2018 en la UTN- y propone entonces disminuir estos choques frontales mediante el diseño de un dispositivo a colocar en todo tipo de automotores. Para esto se desarrollará un sistema de toma de decisiones inteligente basado en lógica difusa, utilizando un Controlador Lógico Difuso –FLC- (Fuzzy Logic Controller). Este sistema generará, primero, un alerta al conductor y luego, mediante automatismo, actuará en los frenos y la dirección del vehículo. A tal fin, la respuesta se simulará mediante el uso de la Caja de Herramientas de Lógica Difusa (Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB) y un Controlador Proporcional, Integral y Derivativo –PID- (Proportional Integral Derivative Controller). El propósito de este controlador es dar un aviso y además frenar al vehículo cuando se acerca a un obstáculo en un rango específico. El sistema usa cuatro reglas y tres funciones de membresía. Los parámetros, como la distancia y velocidad, se observarán para ambos controladores y se simulará la capacidad de atenuar perturbaciones. Se pretende así desarrollar un equipo económico, apto para instalar a gran escala en automotores usados –avisando al conductor sobre el peligro de colisión- y también en vehículos nuevos –en donde además del alerta mencionado, el sistema actúa para evitar el accidente-. Así se conseguirá un impacto muy positivo y rápido que puede mejorar a todo el parque automotor resolviendo la problemática planteada.

Palabras Claves: Choques frontales - Automotores– Fuzzy Logic Controller

ABSTRACT

The Argentine Republic has one of the highest mortality rates due to traffic accidents in the world. One of the causes of major deaths are the frontal collisions in routes of a lane by hand. This work corresponds to the progress of the SACH project under development - initiated in 2018 at the UTN - and then proposes to reduce these frontal shocks by designing a device to be placed in all types of cars. For this, an intelligent decision-making system based on fuzzy logic will be developed, using a Fuzzy Logic Controller (Fuzzy Logic Controller). This system will generate, first, an alert to the driver and then, through automatism, will act on the brakes and the direction of the vehicle. To this end, the response will be simulated by using the Fuzzy Logic Toolbox (MATLAB) and a Proportional, Integral and Derivative Controller –PID- (Proportional Integral Derivative Controller). The purpose of this driver is to give a warning and also brake the vehicle when it approaches an obstacle in a specific range. The system uses four rules and three membership functions. Parameters, such as distance and speed, will be observed for both controllers and the ability to attenuate disturbances will be simulated. It is thus intended to develop an economic equipment, suitable for large-scale installation in used automobiles - warning the driver about the danger of collision - and also in new vehicles - where in addition to the alert the system acts to prevent the accident. This will achieve a very positive and rapid impact that can improve the entire automotive fleet by solving the problem raised.

Formación por competencias: Ejemplo de diseño de una actividad para integrar y movilizar saberes, y su evaluación.

Cánepa, Luis; Barturen, Osvaldo; Reynals, Julio; Iturralde, Javier.

*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.
lcanepa@untdf.edu.ar*

RESUMEN.

Desde que se aprobó la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería (Libro Rojo), muchas instituciones buscan adecuar sus planes de estudio y sus actividades de enseñanza-aprendizaje al Enfoque por Competencias, que el Libro Rojo toma como su eje central. La experiencia indica que este cambio de enfoque requiere cambios profundos, tanto en la forma de enseñar y aprender, como en la de evaluar.

Un equipo técnico de la Universidad Nacional de Misiones, que viene ofreciendo cursos de posgrado sobre esta temática desde 2018, afirma que:

"El eje central de un Modelo de Formación por Competencias está en el diseño de situaciones donde se deben articular diferentes recursos. Hay dos momentos principales de aprendizaje: aprender los recursos, y participar en actividades de integración y de evaluación formativa, que permitan aprender cómo movilizar los recursos en situaciones complejas".

Habiendo los autores tomado algunos de estos cursos, presentamos una actividad diseñada para integrar y movilizar saberes de estudiantes de cuarto año, y una rúbrica para su evaluación, en el marco de la materia Costos Industriales.

Nuestro propósito es hacer visibles los desafíos que encontramos en el proceso y los beneficios obtenidos, y reflexionar sobre aciertos y aspectos a mejorar. A través del análisis de casos concretos se puede fortalecer el manejo conceptual de temas tan complejos como el enfoque por competencias en carreras de Ingeniería.

Palabras Claves: formación por competencias; aprendizaje centrado en el estudiante; actividad integradora; rúbrica analítica.

ABSTRACT

Since the approval of the Proposal for Second Generation Standards for Accreditation of Engineering Careers (a.k.a. Red Book), many teaching institutions are striving to adequate their Study Plans and their teaching-learning activities to the Competence Approach, which is the central axis of the Red Book. Experience shows that this shift demands deep changes, both in the way of teaching and learning, and in the way of evaluating.

A technical team at the *Universidad Nacional de Misiones*, that has been offering post graduate courses on this subject since 2018, states that:

"The central axis of a Competence Training Model is the design of situations where different resources must be articulated. There are two main learning moments: learning about resources, and participating in integrative and evaluation situations, that allow to learn how to call up those resources in complex situations".

The authors, who have taken part in some of these courses, present an activity designed for integrating and calling up fourth year students' resources, and a rubric for its evaluation, in the context of the subject Industrial Costs.

Our intention is to make visible the challenges we found in the process, and the benefits we obtained, as well as reflecting about the successes and aspects to be improved. Through analysis of concrete cases, it is possible to improve understanding of complex subjects such as the the Competence Approach in Engineering careers.

Desarrollo de capacidades emprendedoras. Uso del modelo de rol

Vecchi, Carlos Adrián*

**Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias.
Juan Bautista Cabral 2131 W3402 – Corrientes – Provincia de Corrientes – Argentina.
carlos.vecchi@agr.unne.edu.ar*

RESUMEN.

Este trabajo presenta actividades planificadas que se desarrollan dentro de la asignatura Introducción a la Ingeniería Industrial de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste para el desarrollo de capacidades emprendedoras en sus alumnos. Estas actividades tienen por objetivo lograr la sensibilización, el desarrollo de valores y el afianzamiento de habilidades personales que permitan al alumno valorar, adquirir, poner en práctica, reforzar y consolidar capacidades y destrezas relacionadas con las competencias emprendedoras. Para lo cual, los alumnos visitan empresas reconocidas de nuestra, de manera que se logra que el alumno tenga una aproximación a la realidad del mundo empresarial a través de estas visitas y entrevistando a los empresarios.

Palabras Claves: Rol, Competencias emprendedoras.

ABSTRACT

This work presents planned activities that are developed within the subject Introduction to Industrial Engineering of the Industrial Engineering career of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of the Northeast for the development of entrepreneurial skills in their students. These activities aim to achieve awareness, the development of values and the strengthening of personal skills that allow the student to assess, acquire, implement, reinforce and consolidate skills and abilities related to entrepreneurial skills. To this end, students visit recognized companies of our company, in such a way that the student has an approximation to the reality of the business world through these visits and interviewing entrepreneurs.

COINI 2019

XIIº Congreso de Ingeniería Industrial



U.N.P.S.J.B.
FACULTAD DE INGENIERÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA



Facultad Ciencias Agrarias



Este libro "Memorias del XII COINI 2019" reúne los trabajos presentados los días 31º de octubre y 1º de noviembre de 2019, en el Congreso Argentino / Internacional de Ingeniería Industrial. Estos 83 trabajos fueron sometidos a doble evaluación ciega, tienen el más alto rigor científico y se publican como es habitual, con Registro ISBN.

Encontrarán aquí escritos de gestión, de innovación, técnicos y de economía, de emprendedorismo, de educación, y otros. Como puede verse, el amplio campo de la Ingeniería Industrial permite además que otras especialidades se presenten en el COINI, haciendo a este libro muy variado y también muy interesante.

En tal sentido, podemos decir con gran satisfacción y orgullo que gracias a nuestros COINI –que organizamos hace 14 años- y sus publicaciones, dimos ya respuesta a más de 1200 trabajos y a 4000 autores. Así, hemos podido concretar tanto la necesaria transferencia de las investigaciones como el éxito de los procesos de Acreditación de las carreras donde participan.

En otro orden de cosas, debo destacar como novedades del COINI 2019, el acuerdo entre la AACINI y la Red REDICECIA de investigadores Latinoamericanos, que permitirá la edición de la Revista AACINI de Ingeniería Industrial Indexada.

Esta nueva Revista incluirá los mejores trabajos de este los futuros Congresos que organicemos.

Vemos así como la AACINI, la Red Argentina de la especialidad, reconocida por el CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, e integrada por más de 60 Directores de Carrera, contribuye con la producción científica y la educación en Ingeniería, tanto de la República Argentina como de América Latina y del Caribe.

Para concluir, es mi ferviente deseo que continuemos trabajando juntos -con el espíritu de cordialidad que siempre prima en nuestros COINI y en nuestra AACINI- para aportar 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 y de América toda.

Espero entonces que disfruten de este libro y que también les sea de utilidad.

