

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Concepción del Uruguay

Especialización en Ingeniería Gerencial.

Seminario de Integración: Trabajo Final

Título del Trabajo: “Guía de Aplicación de Industria 4.0 en PyMEs”

Autor: Damián Orlando Ratto

Tribunal de evaluación:

- Dr. Lepratte, Leandro.
- Mg. Blanc, Rafael.
- Mg. Hegglin, Daniel.

Año académico: 2022

Resumen

El objetivo de este trabajo es establecer un documento capaz de servir como guía a la hora de aplicar tecnologías y paradigmas propios de Industria 4.0 en Pequeñas y Medianas Empresas (desde ahora PyMEs). Para lograr dicho objetivo se ha estudiado en profundidad la bibliografía disponible sobre el tema, se ha analizado también la aplicabilidad de la misma a PyMEs como así también la situación en países en desarrollo, y en base a esto se ha confeccionado la guía que se presenta a continuación.

A su vez, a modo de prueba para determinar la utilidad de esta guía, se la ha aplicado al caso de una PyME transportista de cargas nacionales/internacionales interesada en una mejora en cuanto a la eficiencia de sus procesos. Se procedió según lo indicado definiendo que procesos eran aptos para la aplicación de tecnologías 4.0 de modo que signifiquen también un beneficio económico al contrastar la inversión necesaria con el resultado esperado. Desde este punto se estableció un orden de prioridades y se llevó a cabo una mejora tecnológica en el proceso de primera prioridad. Luego de la aplicación se hizo hincapié también en inculcar una mentalidad de mejora continua con respecto al aspecto tecnológico de la organización para que las mejoras perduren en el tiempo y no se tenga que llegar nuevamente a un punto de obsolescencia para considerar mejoras.

Palabras clave: Industria 4.0; PyMEs; Modelos de madurez; transformación digital.

Abstract

The objective of this work is to establish a document useful as a guide while applying technologies and paradigms of Industry 4.0 in Small and Medium Enterprises (from now on SMEs). To achieve this, the available studies on the subject have been reviewed in depth, its applicability to SMEs as well as the situation in under development countries has been analyzed, and based on this the guide presented next was created.

At the same time, as a test to define the utility of the guide, it was applied to the case of a national / international carrier SME interested in improving the efficiency of its processes. We proceeded as indicated, defining which processes were suitable for the application of 4.0 technologies that also mean an economic benefit when comparing the necessary investment with the expected result. From this point an order of priorities was established and a technological improvement was implemented in the first priority process. After the application, an emphasis was also placed on teaching a continuous improvement mentality in regards of the technological aspect of the organization so that the improvements last over time and do not have to reach a point of obsolescence again to consider any improvements.

Key Words: Industry 4.0; SMEs; Maturity Models; Digital Transformation.

Contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 La nueva revolución Industrial: Industria 4.0.....	5
1.2 Importancia de las PyMEs en países emergentes.	7
2 GUÍA DE APLICACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN PYMES.....	10
2.1 Introducción al caso.	10
2.2 Requisitos para su aplicación.....	11
2.3 Etapa de diagnóstico.....	12
2.3.1 Los modelos de madurez.....	12
2.3.2 Definición de capacidades y recursos.	15
2.3.3 Definición de procesos clave.....	16
2.4 Etapa inventiva.....	21
2.4.1 Generación y conceptualización de ideas.	21
2.5 Etapa de análisis.....	22
2.5.1 Orden de prioridades.....	22
2.5.2 Factibilidad financiera	23
2.6 Etapa de implementación.	25
3 CONCLUSIÓN.	27
4 BIBLIOGRAFÍA.....	28
5 ANEXOS	30
5.1 Categorización de PyMEs según organismos internacionales	30

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 La nueva revolución Industrial: Industria 4.0.

El término Industria 4.0 nace en 2011 en la Feria de Hannover como concepto que luego sería anunciado oficialmente en 2013 como una estrategia alemana para situarse en el rol de pioneros en el desarrollo del sector manufacturero¹ y hace referencia a la llegada de una Cuarta Revolución Industrial que se basa en nuevas premisas tecnológicas como son los sistemas ciberfísicos (CPS), Internet de las Cosas (IoT) e informática en la nube, que se combinan con otros conceptos propios de Industria 3.0 como la automatización, la globalización y la robótica para generar una idea de “Industria inteligente” totalmente integrada, sustentable, eficiente y con alto grado de automatización como ideal a alcanzar. Los beneficios esperados al lograr este sistema de manufactura inteligente son:

- Mayor grado de flexibilidad en la producción: Sistemas interconectados en la nube permiten que cada uno de sus eslabones puedan ser intervenidos sin generar una mayor alteración en el resto de la cadena.
- Mayor eficiencia: Un sistema interconectado que comunica y responde al instante ante la aparición de un desvío implica una mayor eficiencia en la utilización de los recursos, tanto energéticos como materiales, y el tiempo.²
- Optimizaciones de tipo logísticas: Los nuevos algoritmos y aplicaciones en tiempo real optimizan disposiciones de productos, rutas de entrega, zonas de cobertura, entre otros.
- Nuevos canales de ventas: El e-commerce ha cobrado fuerte relevancia en los últimos años y se espera que sea el principal canal de ventas a futuro ya que genera comodidad y practicidad en los clientes, mientras que para los negocios significa un nuevo canal de ventas y de comunicación mediante el cual, una vez efectuada la venta, pueden llevar registro de sus clientes, brindar una mejor asistencia para estos y obtener feedback.
- Mejora radical en la toma de decisiones: La posibilidad de automatizar la toma de ciertas decisiones, simular escenarios virtualmente, así como también contar con información

¹ Reiner A. (2016). Industrie 4.0 – Digital Transformation in Product Engineering and Production, 1-3

² Tortorella, G. L. & Vergara Mac Cawley, A. & Garza-Reyes, J. A. & Sawhney, R. (2020) – Organizational leaning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers, International Journal of Production Economics 219, 288-289.

completa y precisa a partir de la implementación de Big Data llevan a la mínima expresión la influencia del error humano en la toma de decisiones.

Para lograr dichos beneficios es que se han generado las distintas nuevas tecnologías que se asocian con este fenómeno, las cuales son:

- Internet de las cosas (IOT): hace referencia a la interconexión en la red de equipos, maquinarias, inventarios, vehículos y dispositivos informáticos de comunicación que facilitan el intercambio de información dentro de la organización.
- Big Data: se utiliza este término para referenciar las enormes cantidades de datos generadas en la red y a los algoritmos utilizados para su procesamiento.
- Computación en la nube: Es el uso de la red a partir de aplicaciones y servicios para compartir datos entre los actores del sistema y trabajar sobre ellos, esta tecnología representa la premisa para el trabajo remoto.
- Inteligencia artificial: Modelo de “aprendizaje” computacional para generar, a partir de un proceso iterativo de prueba y error, una capacidad de respuesta similar al razonamiento humano.³
- Fabricación aditiva, realidad aumentada y simulaciones virtuales: La impresión 3D mediante la creación de prototipos y los softwares de simulación virtual y realidad aumentada surgen como una innovación tecnológica capaz de brindar previsibilidad a los proyectos, a la toma de decisiones y al impacto de los mismos.⁴
- Robótica autónoma: La robótica propia de la Industria 3.0 ha avanzado a un punto donde puede desenvolverse sin la necesidad de un operador y hasta incluso es capaz de operar y configurar otros sistemas y maquinarias.
- Nanotecnología: Tecnología capaz de actuar a nivel nanométrico cuya funcionalidad radica en reducir enormemente los desvíos y posibilitar la producción de elementos que requieran total precisión.

³ Angelopoulos A. & Michailidis E. T. & Nomikos N. & Trakadas P. & Hatziefremidis A. & Voliotis S & Zahariadis T. (2019) – Tackling Faults in the Industry 4.0 Era-A Survey of Machine-Learning Solutions and Key Aspects, 2-4.

⁴ Pessoa Pereira M. V. & Jauregui Becker J. M. (2020) – Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development, 2-5.

Muchas de estas tecnologías sugieren, en primer medida, montos de inversión exorbitantes para la realidad de la gran mayoría de las industrias en la actualidad, sin embargo es de cuestionar si puede el mundo darse el lujo de descartar a pequeñas y medianas empresas en su carrera hacia la innovación tecnológica y la sustentabilidad, por lo que analizaremos en este artículo el impacto de las PyMEs en países emergentes en la actualidad y así determinar si es propensa la elaboración de un modelo para la integración de las mismas.

1.2 Importancia de las PyMEs en países emergentes.

La importancia de las PyMEs para el correcto funcionamiento de cualquier país es un hecho globalmente aceptado, Ayandibu (2017) destaca las principales razones que les dan dicha importancia, que a su vez se corresponden con grandes problemáticas que se presentan en países emergentes:

- **Generación de empleo:** Las PyMEs constituyen la principal fuerza de empleo formal en la vasta mayoría de los países del globo, para el caso de los países de Latinoamérica, los cuales comparten características de países emergentes, el porcentaje de empleo formal generado por PyMEs varía entre un 60 y hasta un 80 por ciento según los datos del banco mundial.
- **Reducción de la inseguridad:** Existe una evidente correlación entre la tasa de desempleo de una nación y sus niveles de inseguridad. Generar más y mejores empleos es la solución más saludable de una nación contra el problema de la delincuencia, al brindar oportunidades a sus ciudadanos.
- **Colaboración en el armado de nuevas capacidades productivas y la creación de sistemas económicos resilientes a partir de la vinculación con grandes empresas.**
- **Al tratarse de empresas que generalmente cuentan con procesos de labor intensiva, impulsan el empleo de personal con menor grado de formación académica, colaborando con la redistribución del ingreso.**
- **En entornos rurales, generan facilidades como el acceso a distintos tipos de servicios y comodidades.**

- Contribuyen con innovaciones técnicas y desarrollo de nuevos productos como así también fomentan el emprendedorismo, Ayandibu considera también que estas características son aquellas que, combinadas, son las responsables del crecimiento económico de una región.⁵

Como se puede observar, muchos de estos beneficios se ven potenciados a partir de una reacción a forma de bucle ya que se encuentran asociados a cualidades del ser humano como lo son el emprendedorismo, la labor, el crecimiento, entre otras, que pueden verse influenciadas por el entorno: una política de estímulo a las PyMEs, un entorno que permita y fomente el ahorro, la necesidad de empleo o hasta incluso una experiencia exitosa dentro del ámbito de las relaciones personales de un individuo pueden desencadenar su espíritu emprendedor y dar inicio a una nueva PyME.

Otros múltiples autores han abordado también este tema, buscando definir metódicamente la relación entre las PyMEs y el crecimiento regional en países en desarrollo, y hasta en algunos casos cuantificarla, se citan a continuación algunos de éstos con las modalidades de estudio empleadas y los resultados obtenidos:

Tabla 1: Relación entre PyMEs y crecimiento regional

Autor(es)	Publicación	Método de estudio	Resultados
Cravo T. A. & Gourlay A. & Becker B.	SMEs and Regional Economic Growth in Brazil. (2010)	*Revisión de literatura. *Big Data analysis *Formulación del esquema de crecimiento regional	Correlación negativa entre el porcentaje de empresas pequeñas y medianas con el crecimiento económico de Brasil. El autor lo atribuye a fallas de tipo institucionales.

⁵ Ayandibu A. O. & Houghton J. (2019) – The role of Small and Medium Scale Enterprise in local economic development (LED), Journal of Business and Retail Management Research, Vol.11(2), 134-135.

Ming-Wen H.	SMEs and Economic Growth: Entrepreneurship or Employment. (2010)	*Revisión de literatura. *Formulación del modelo *Análisis empírico	Correlación positiva entre el porcentaje de empresas pequeñas y medianas con el crecimiento económico en Taiwan.
Ghergina S. C. & Botezatu M. A. & Hosszu A. & Simionescu L. N.	Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): The Engine of Economic Growth through Investments and Innovation (2020)	*Revisión de literature. *Análisis empírico (Incluye impacto de la innovación en SMEs)	Impacto positivo de las SMEs y de las inversiones en innovación para con el crecimiento económico de Rumania.
Kantis H. & Masahiko I. & Masahiko K.	Empresarialidad en Economías Emergentes: Creación y desarrollo de nuevas empresas en América Latina y el Este de Asia (2002)	*Empírico	Impacto positivo de la creación de nuevas empresas con el crecimiento económico de múltiples países de América Latina y Japón.
Akingunola R. O.	Small and Medium Scale Enterprises and Economic Growth in Nigeria: An Assessment of Financing Options (2011)	*Revisión de literatura. *Formulación del modelo *Análisis empírico	Fuerte correlación positiva entre la accesibilidad al financiamiento para creación de PYMEs con el crecimiento económico en Nigeria.

fuentes: elaboración propia en base a la bibliografía mencionada en la tabla

2 GUÍA DE APLICACIÓN DE INDUSTRIA 4.0 EN PYMES.

La inserción de una PyME a la mentalidad y tecnologías 4.0 implica un proceso colaborativo y sistemático el cual debe ser visto como una oportunidad con la que cuentan estas empresas para acercarse a los estándares tecnológicos de las grandes empresas, solucionando problemáticas comunes a las PyMEs como lo son la ineficiencia, problemas de comunicación, problemas en el manejo de la información, problemas de calidad relacionados a falta de estándares, entre otros. Una mentalidad organizacional abierta al cambio resulta entonces indispensable para encarar este proceso al cual dividiremos en cuatro etapas:

- Una etapa de diagnóstico donde las organizaciones harán, a partir de una serie de preguntas e implementando distintas herramientas, una modelización de la situación actual en la que se encuentran y del ideal tecnológico de la industria en la actualidad.
- Una etapa inventiva donde los empleados de la organización visualizarán las últimas tecnologías a nivel mundial involucradas en las tareas que desarrollan para luego generar propuestas realistas a la situación de la empresa en la que se encuentran
- Una etapa de análisis donde las ideas generadas en la etapa anterior son sometidas a distintos filtros en materia de viabilidad, rendimiento económico e impacto en lo laboral para determinar cuáles son aquellas ideas que generan un mayor valor a la organización
- Y una etapa de aplicación donde se designa un equipo para la puesta en marcha del proceso de mejora el cual tendrá que, en primer medida, codificar las ideas de mayor valor en proyectos de mejora.

2.1 Introducción al caso.

El caso de aplicación para la guía en cuestión trata sobre una empresa del rubro transportista de tipo nacional/internacional radicada en la localidad de Pronunciamiento, departamento Uruguay, Entre Ríos, Argentina. La empresa en cuestión, de tipo PyME, frente a la presión de pertenecer a

un rubro comprometido en cuanto a lo económico debido a agentes externos, considera que es necesario un cambio organizacional que genere una mayor eficiencia con los recursos disponibles y que pueda verse reflejado en los resultados de forma monetaria. Temen por su parte que estas ineficiencias estén asociadas a métodos o equipamientos con un bajo grado de desarrollo tecnológico.

2.2 Requisitos para su aplicación.

Un estudio del Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI) ha abordado la temática acerca de las capacidades y los condicionantes a la hora de implementar industria 4.0 en países latinoamericanos y del sudeste asiático.

Tabla 2: Estado de I4.0 en países latinoamericanos y del sudeste asiático.

Pais	Grado de implementación I4.0	Sectores con capacidades para implementar I4.0	Sectores con capacidades para desarrollar sistemas tecnológicos de I4.0	Principales obstáculos para implementar I4.0	Evidencia empírica
Argentina	Bajo	Capital extranjero y grandes firmas locales (automotriz, de alimentos, maquinaria agrícola, químico, petroquímico)	Pymes locales con capacidad de desarrollar baja/media complejidad tecnológica	Escasez de personal especializado en tecnologías digitales	Barreras a la implementación de I4.0 de las firmas: falta de personal calificado (70%), incertidumbre sobre su utilidad (65%) y resistencia al cambio (64%)
Brasil	Bajo	Empresas multinacionales, grandes firmas locales (aeroespacial, automotriz, de alimentos, agropecuario, químico)	Firmas locales especializadas en servicios tecnológicos. <i>Start-ups</i> asociadas a sectores cercanos a la frontera tecnológica	Limitaciones en las capacidades y en mano de obra	Menos del 25% de las firmas utilizan tecnologías digitales avanzadas y menos del 2% adoptan tecnologías 4.0
Perú	No implementa	Pymes tecnológicas en sectores asociados a recursos naturales (bioeconomía, alimentos, turismo)	Sin datos	Fuertes limitaciones estructurales. Firmas tecnológicas inmaduras. Escasez de mano de obra calificada	El 99,5% del total de las firmas son mipymes y solo un reducido grupo de firmas realizan actividades tecnológicas
México	Bajo	Capital extranjero, grandes firmas locales y <i>clusters</i> regionales (automotriz, aeroespacial, biotecnología)	<i>Clusters</i> tecnológicos locales centrados en la innovación y el desarrollo de tecnologías asociadas a I4.0	Escasa mano de obra calificada con competencias en tecnologías digitales	Barreras a la implementación de I4.0 en las firmas: poca infraestructura (80%) e insuficiente práctica (53,3%)
Tailandia	Implementación incipiente	Capital extranjero y firmas locales asociadas a multinacionales (automotriz, aeroespacial, bioenergía, medicina)	Sin datos	Débiles conexiones entre pymes y las organizaciones del sistema nacional de innovación	Sin datos
Malasia	Implementación incipiente	Capital extranjero y firmas locales grandes asociadas a multinacionales	Oferta local insuficiente para dar soluciones a las firmas que implementan I4.0	En pymes, problemas de financiamiento, escasez de talentos y conocimiento para implementar I4.0	Menos del 20% de las firmas aplica tecnologías digitales y menos del 50% implementa procesos de automatización

fuelle: ciecti.org.ar

Como puede observarse, si bien los requisitos en materia de infraestructura y capital constituyen una fuerte barrera de entrada, existe otra dificultad de tipo ideológica que es la incertidumbre de los empresarios sobre la utilidad en la aplicación de I4.0 que se ve potenciada por la resistencia al cambio de modelo y paradigma de los mismos.

Considerando que la aplicación de las premisas de Industria 4.0 afectarán a gran parte de los procesos de la organización, el principal requisito para la implementación de esta guía es el compromiso de la alta dirección con los proyectos de mejora involucrados como así también una apertura ideológica por parte de los mismos, ya que la actualización tecnológica sin duda implicará cambios en algunos modelos y métodos existentes en la organización. Si bien los requisitos relacionados con los recursos con los que cuenta la empresa (capital, RRHH, Servicios) determinan restricciones al grado de avance tecnológico que podamos implementar, el objetivo de esta guía radica en determinar un procedimiento de mejora tecnológica mediante el cual cada PyME, independientemente de los recursos con los que cuente, pueda ser eficiente con los mismos logrando progresos paulatinos hacia el ideal tecnológico del rubro.

2.3 Etapa de diagnóstico.

Determinar el punto de partida de este proceso de cambio, así como el ideal a alcanzar es lo primero que debemos realizar, es por ello que esta etapa consta de la implementación de herramientas organizacionales para un análisis tanto interno como de la tecnología que se aplica en la industria en la cual se desarrolla la organización para tener un mapa general de qué tan lejos nos encontramos del ideal del rubro, cuáles son nuestras fortalezas y debilidades y cuáles son los condicionantes externos que inciden en la industria en cuestión.

2.3.1 Los modelos de madurez.

Un modelo de madurez es un mapa que, a partir de definir la situación actual de la organización, la guía hacia la aplicación de nuevos estándares y el logro de los objetivos asociados a los mismos. Existen múltiples modelos de madurez que han sido definidos por investigadores para los distintos tipos de industrias y áreas a mejorar, en nuestro caso nos basaremos en el modelo de madurez de

tres etapas en PyMEs hacia Industria 4.0 ideado por Ganzarain & Errasti (2016) para nuestra etapa de diagnóstico. Este modelo, como su nombre lo indica, consta de tres etapas:

Tabla 3: Modelo de madurez de tres etapas en PyMEs hacia I4.0

Etapa	Objetivos
Visión 4.0	Introducir a la organización al mundo de Industria 4.0.
	Definir capacidades y recursos con los que cuenta la organización
Mapa hacia 4.0	Identificar Requisitos
	Identificar tecnologías
Promover 4.0	Capacitación
	Manejo del riesgo
	Proyectos 4.0

Fuente: Elaboración propia en base a “Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0 – Ganzarain & Errasti, Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), 2016”

Existen otros múltiples modelos de madurez hacia Industria 4.0 que han sido considerados en la confección de este documento, a continuación, se dejan listados algunos de ellos considerando el grado de aplicabilidad de los mismos a PyMEs, el foco del estudio en cuestión y los distintos grados de madurez definidos por el modelo.

Tabla 4: Otros modelos de madurez y su aplicabilidad de PyMEs

Modelo	Grado de aplicabilidad a PyMEs	Foco	Grados de madurez
Modelo de evaluación de madurez - Kermer-Meyer A. (2017)	Bajo	Modelado de empresa inteligente en planes de negocio	*Marco de referencia *Visibilidad *Transparencia *Predictibilidad *Adaptabilidad
Modelo de madurez de integración sistémica (SIMMI) - Leyh C. & Schäffer T.	Bajo	*Integración tecnológica vertical/horizontal * Modelado digital de productos	*Digitalización básica *Digitalización interdepartamental *Digitalización

& Bley K. & Bay L. (2017)			vertical/horizontal *Digitalización total *Digitalización total optimizada
Modelo de madurez tecnológica IoT - Jæger B. & Halse L. & Wiig H. & Bø A. H. (2016)	Moderado	Internet of Things	Madurez 3.0 Empresa conectada – mejorada – innovadora – integrada – extensiva Madurez 4.0
Modelo de madurez y preparación para empresas manufactureras - Schumacher A. & Erol S. & Sihh W. (2016)	Alto	Tecnología Operaciones Clientes Productos Cultura Gente	Graduado ascendentemente de 1 a 5.
Modelo de madurez para tecnología de manufactura - Gracel J. & ĩebkowski P. (2017)	Alto	Gente y cultura Infraestructura Planeación estratégica Ciberseguridad Calidad de proceso	Graduado ascendentemente de 1 a 5.

Fuente: Elaboración propia en base a las publicaciones mencionadas en la tabla.

Definir las capacidades y recursos con los que cuenta la organización es la tarea principal a desarrollar para nuestra etapa de diagnóstico a lo cual añadiremos la tarea de determinar los procesos claves de la organización, a modo de definir aquellos que tienen mayor peso para que sean considerados como tales en la etapa inventiva.

2.3.2 Definición de capacidades y recursos.

Para definir las capacidades y recursos optaremos por un modelo FODA, que es una herramienta diseñada para el análisis de la situación de un negocio a partir de listar las **fortalezas y debilidades** del mismo así como las **oportunidades y amenazas** que presenta su entorno.

Para nuestro caso de aplicación el análisis FODA resultó de la siguiente manera:

Tabla 5: Modelo FODA del caso

<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria como resguardo de confiabilidad y seguridad para el cliente. • Disponibilidad de flota propia. • Know How de servicios de logística para el comercio exterior. • Cartera de clientes consistente a lo largo del año. • Contar con los permisos necesarios. • Flexibilidad de equipos para los distintos servicios. • Relaciones estratégicas con entidades del rubro. • Reinversión de utilidades 	<h1>F</h1>	<h1>O</h1>	<ul style="list-style-type: none"> • Posible devaluación, tipo de cambio favorable. • Posibilidad de ampliación de cobertura. • “Disminución” del costo del petróleo en los últimos años(internacionalmente) • Sector poco atractivo para el surgimiento de nueva competencia.
--	------------	------------	--

<ul style="list-style-type: none"> • Posición de liderazgo en la zona. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de un sistema de información computarizado acorde. • Escaso personal. • Poca versatilidad en las cargas transportadas. • Informabilidad en las relaciones laborales. • Falta de bases organizacionales. • La responsabilidad recae en las cabezas de la organización (socios). • Ausencia de ciertos controles internos. • Planeamiento solo del tipo operativo. 	<h1>D</h1>	<h1>A</h1>	<ul style="list-style-type: none"> • Brecha cambiaria • Inflación en los costos no trasladable a tarifas • Baja rentabilidad del sector • Desarrollo de transporte propio por parte de los clientes y potenciales clientes. • Transporte ferroviario de cargas. • Paros gremiales. • Fuerte poder gremial. • Tarifa determinada y regulada por la Comisión Nacional de Coordinación del Transporte.

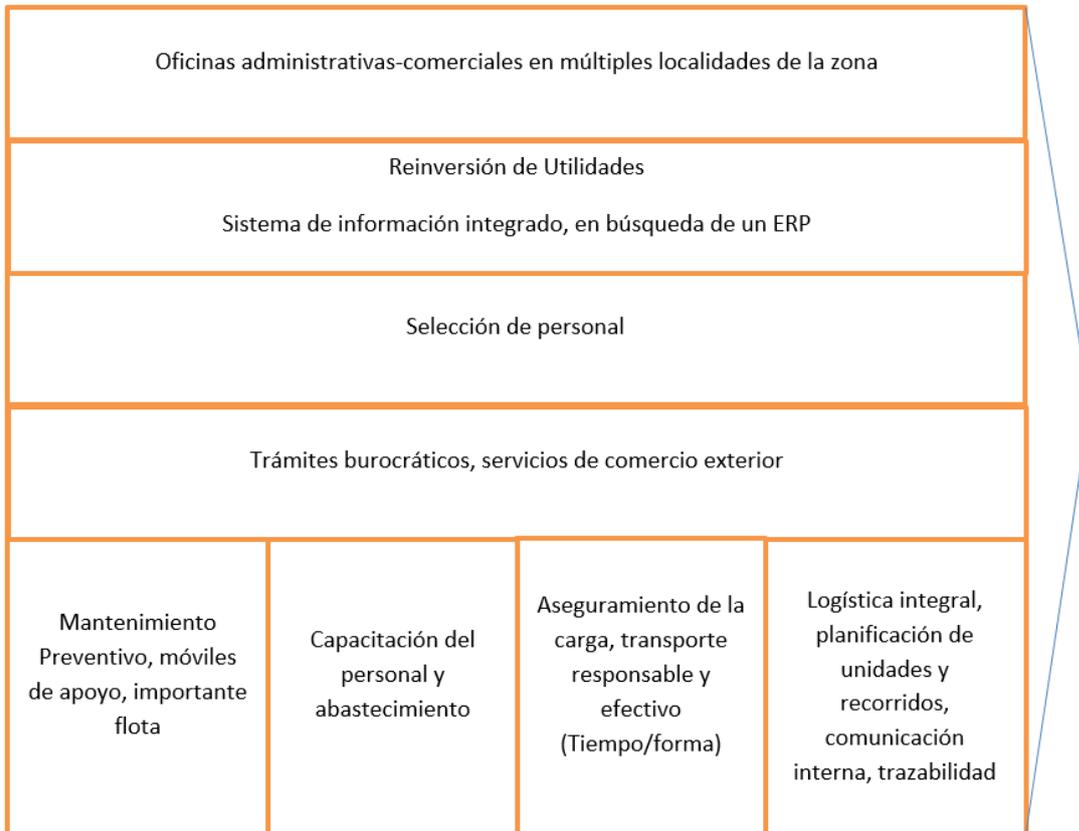
fuente: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

2.3.3 Definición de procesos clave.

Para definir los procesos claves de la empresa debemos cuestionarnos cuáles de estos procesos generan valor e inciden en la satisfacción de los clientes, diferenciándolos de aquellos procesos de apoyo que colaboran con la organización y gestión, para esto utilizaremos una herramienta que se

denomina cadena de valor de Porter, la cual consiste en una representación gráfica de la disposición de los procesos, donde se listan horizontalmente a los procesos claves y verticalmente a los procesos de apoyo. En el caso de aplicación propuesto la herramienta resultó de la siguiente forma:

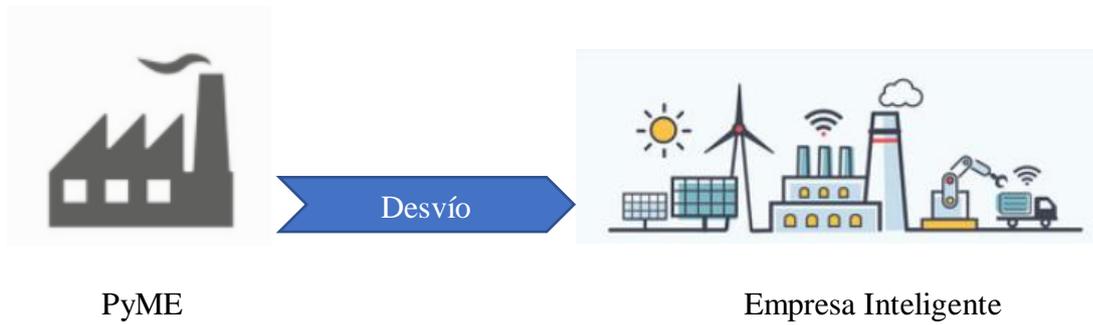
Ilustración 1: Cadena de valor de Porter del caso



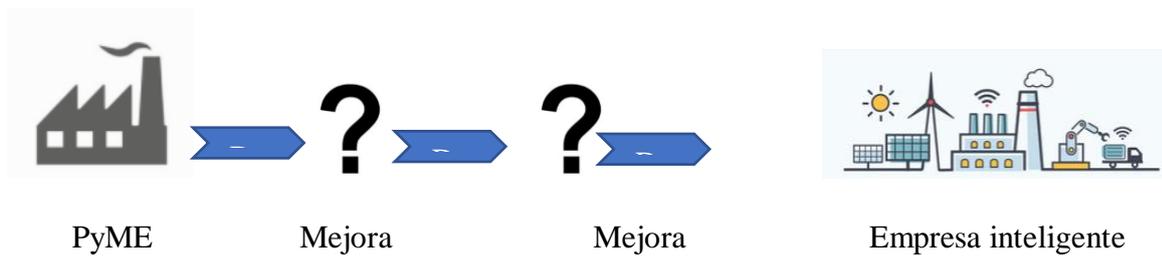
fuelle: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

La información obtenida de la aplicación de las anteriores herramientas será de vital importancia y deberá ser nuevamente abordada en la etapa inventiva durante el proceso de generación de ideas.

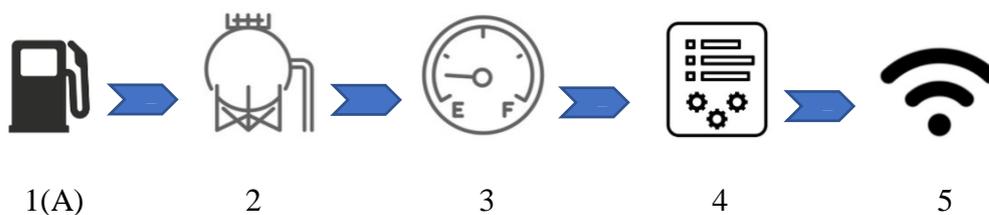
Ahora que contamos con un mejor entendimiento de la situación actual de nuestra organización debemos conocer el ideal tecnológico del rubro en el que nos desempeñamos para cada uno de los distintos procesos, determinando así que tan lejos nos encontramos de ese ideal, a esta diferencia entre lo actual y lo ideal la llamaremos **desvío**.



Para muchos sino la totalidad de los procesos que componen una PyME resultará imposible adquirir la tecnología necesaria para alcanzar a la empresa inteligente ideal, sin embargo existen puntos intermedios dentro de ese desvío, basados en las premisas de Industria 4.0, que significan grandes mejoras para cada proceso a partir de avances tecnológicos que encaminan a la organización hacia ese ideal.



Por lo tanto la siguiente tarea a realizar consiste en determinar las distintas etapas de avance tecnológico que separan a nuestro proceso del proceso tecnológicamente ideal al día de la fecha. En el caso de aplicación mostramos como ejemplo el proceso de abastecimiento y depósito de combustible:



1: Abastecimiento en gasolinera (Situación actual)

-Grado de avance tecnológico: Ninguno

2: Depósito de combustible básico

-Grado de avance tecnológico: Mínimo

3: Depósito de combustible con sensor de nivel

-Grado de avance tecnológico: Mínimo

-Integración: Ninguna

4: Depósito de combustible con sensor de nivel, termómetro y válvulas automáticas con conexión a tablero de control.

-Grado de avance tecnológico: Moderado/Alto

-Integración: Integrado a tablero de control

-Seguridad: Alta

5: Sistema automatizado de emisión de orden de compra al alcanzar el punto de reaprovisionamiento.

-Grado de avance tecnológico: Alto

-Integración: Total. Integrado a tablero de control, sistema de compras y proveedores.

-Riesgo de desabastecimiento: Mínimo, descarta la componente del error humano.

Si bien cada proceso posee sus niveles de desarrollo tecnológico particulares, en el siguiente cuadro mostramos algunos de los procesos más comunes en el funcionamiento de un negocio y algunas de las últimas aplicaciones tecnológicas para que considere aquellas que apliquen a su empresa:

Tabla 6: Posibles áreas de mejora tecnológica

Proceso	Aplicación de I4.0
Producción	Automatización del proceso productivo
	Planificación y control de la producción automáticos a partir de sistemas de obtención, procesamiento y análisis de datos

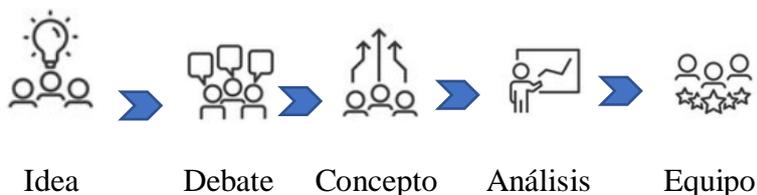
	Producción flexible a partir de nodos de valor agregado conectados en la red
	Uso de aplicaciones y realidad aumentada a forma de interfaz humano-máquina
Abastecimiento y depósitos	Sistema de emisión de orden de compra automático a partir de datos de almacenes
	Sistemas interconectados con proveedores en tiempo real
	Sistemas de abastecimiento depósito – estación de trabajo automáticos
Ventas	Aplicaciones de comercialización on-demand
	Sistemas de administración basada en la relación con los clientes (CRM) automatizados
	Métodos de cobro virtuales e incluso mediante criptomonedas
	Canales de venta totalmente virtuales
	Nuevas formas de interacción virtuales a forma de atención al cliente
	Venta de servicios adicionales online
Ingeniería de producto	Productos de respuesta independiente en base a la información obtenida
	Productos con conectividad a internet
	Productos con medidas de control y seguridad independientes
	Aplicación de realidad aumentada e impresión 3D en la confección de prototipos

fuelle: Elaboración propia

Habiendo quedado definidos los distintos grados de avance tecnológico disponibles para el proceso en cuestión podemos dar lugar a la etapa creativa donde los miembros de la organización podrán aportar ideas sobre cómo adaptar los diferentes avances tecnológicos a los procesos y a los recursos de la PyME.

2.4 Etapa inventiva.

El objetivo de la etapa inventiva es la generación de nuevas ideas y la conceptualización de las mismas para el desarrollo de planes de mejora. Estas ideas deben ser ideadas en base a lo establecido en la etapa de diagnóstico, que fueron los recursos y capacidades de la organización como así también el ideal tecnológico del rubro y los puntos intermedios de mejora.



2.4.1 Generación y conceptualización de ideas.

El primer paso de esta etapa consiste en reunir a los miembros de la organización y, luego de hacerlos parte de lo trabajado en esta guía, dar comienzo a una **tormenta de ideas**, donde todos serán motivados a aportar ideas de aplicación tecnológica a los procesos de la organización. Para esta etapa tenga a bien permitir cualquier tipo de idea sin restricción, aún si quién idease una posible mejora de proceso no tuviese conocimiento de las tecnologías involucradas en la transformación digital del mismo, y lístelas en un lugar donde todos puedan verlas, esto motivará al resto a seguir aportando como así también generarán cuestionamientos que podrán debatir luego. Este debate generará una versión más estructurada de la idea a la cual llamaremos **concepto**, el cual tendrá que describir los procesos involucrados, las tecnologías involucradas, los beneficios que presupone y la forma mediante la cual se aplicaría esta tecnología al proceso. En caso de no contar la organización con recursos humanos capaces de definir las tecnologías y métodos de aplicación asociados, tenga a bien asesorarse con algún experto en automatización, cámara industrial y/o institutos gubernamentales de tecnología industrial. Para nuestro caso de aplicación la idea de “Contar con un depósito propio de combustible” se estructuró de la siguiente forma:

Tabla 7: Descripción de la idea implementada en el caso.

Idea: Depósito de combustible propio	Procesos involucrados	Almacenamiento, compras, planificación
	Tecnologías involucradas	Sensores de nivel, tablero de control

	Beneficios que presupone	<ul style="list-style-type: none"> -Ahorros en combustible -Elimina la posibilidad de robos de combustible por parte de conductores tercerizados -Minimiza los costos por stock de combustible
	Método de aplicación	Adquirir un tanque de almacenamiento con sensor de nivel que sea integrable al tablero de control actual.

fuente: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

Fue catalogada como una idea de complejidad moderada y alto impacto ya que soluciona una de las principales problemáticas de la organización y a su vez puede reducir costos en un rubro caracterizado por el bajo nivel de rentabilidad general.

2.5 Etapa de análisis.

Una vez definidas las distintas ideas y la conceptualización de cada una es necesario someterlas a una serie de ponderaciones y filtros para determinar un orden de prioridades y así lograr una mayor eficiencia con los recursos limitados con los que cuenta nuestra PyME.

2.5.1 Orden de prioridades

Comenzaremos con una ponderación sencilla y subjetiva de las ideas por parte de las cabezas de la organización considerando impacto y complejidad, numerándolos del 1 al 10 y determinando al cociente entre los mismos como el grado de eficiencia en la aplicación de la idea. A forma de ejemplo dejamos algunas de las ideas propuestas para el caso en la industria del transporte de cargas:

Tabla 8: Orden de prioridades en las ideas generadas para el caso.

Idea	Impacto	Complejidad	I/C	Prioridad
Rastreo satelital de unidades	6	5	1,2	2
Sistema de almacenamiento de combustible integrado a tablero de control	9	6	1,5	1
Sistemas de detección de fatiga	8	9	0,89	5
Sistema de seguimiento en tiempo real online	8	8	1	3
Desarrollo de canal de comercialización mediante app on-demand	8	10	0,8	6
Sistema de control automático de presión neumática	8	8	1	3

fuelle: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

Una vez definido el orden de prioridades solo resta evaluar la viabilidad técnica y financiera del proyecto de mejora. En cuanto a la viabilidad técnica puede que sea necesario recurrir a una consulta con especialistas en el caso de que el conocimiento que tenemos del rubro no resulte suficiente para determinar si la aplicación es viable o no en cuanto a lo técnico. En el caso de que la idea no sea técnicamente viable se recomienda una revisión de los requisitos que la imposibilitan, ya que probablemente puedan ser disparadores de nuevas ideas para subsanar esta deficiencia, mientras que por otro lado si la idea resulta ser técnicamente viable solo resta verificar que ésta signifique un proyecto de inversión rentable para la organización.

2.5.2 Factibilidad financiera

La complejidad a la hora de analizar la factibilidad financiera de un proyecto de mejora radica en la capacidad de cuantificar monetariamente todos los beneficios que este proyecto sugiera, ya que algunos de estos pueden estar ligados a activos intangibles de la empresa los cuales suponen una valoración de tipo subjetiva. Afortunadamente buena parte de los beneficios generados por la aplicación de tecnologías 4.0 pueden ser fácilmente traducidos a dinero, como por ejemplo los ahorros de recursos en general, reducciones en tiempos improductivos, seguridad, entre otros. Por

lo tanto el procedimiento en este caso constará de listar todos los beneficios ligados al plan de mejora, separar y cuantificar aquellos que lo sean y con éstos confeccionar las herramientas de análisis financiero. Una vez obtenidos los resultados, y en caso de que sean desalentadores, hemos de compararlos con aquellos beneficios a los cuales no hemos podido asignar un valor económico y en base a ello sacar conclusiones y tomar la decisión de implementación. Se deja de ejemplo una de las ideas puesta en marcha en nuestro caso de aplicación:

Tabla 9: Determinación de beneficios ligados al proyecto de mejora tecnológica del caso

Idea	Beneficios cuantificables	Beneficios incuantificables
Depósito de combustible propio	-Ahorros en combustible -Elimina la posibilidad de robos de combustible por parte de conductores tercerizados -Minimiza los costos por stock de combustible	-Seguridad en el abastecimiento -Mejoras en la planificación

fuelle: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

Para la realidad del país en el que se desarrolla esta organización resulta de mayor utilidad una herramienta de análisis que involucre el tiempo y como éste supone un rendimiento esperado por el dinero involucrado en la inversión, por lo tanto se conformó un Cash Flow del proyecto a 3 años considerando un rendimiento mínimo esperado de 55% por las condiciones del país en cuestión.

Tabla 10: Cash Flow e indicadores para el proyecto de mejora tecnológica del caso.

	0	1	2	3
Inversión	-\$ 750.000,00			
Ahorro en costos de combustible		\$ 910.447,45	\$ 955.969,82	\$ 1.003.768,31
depreciación		-\$ 75.000,00	-\$ 75.000,00	-\$ 75.000,00
Impuesto a las gan.		-\$ 250.634,23	-\$ 264.290,95	-\$ 278.630,49
Resultado neto		\$ 584.813,21	\$ 616.678,87	\$ 650.137,82
depreciación		\$ 75.000,00	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00
Valor de desecho				\$ 525.000,00
Flujo de caja	-\$ 750.000,00	\$ 659.813,21	\$ 691.678,87	\$ 1.250.137,82
Flujo de caja actualizado	-\$ 750.000,00	\$ 425.685,94	\$ 287.899,63	\$ 335.708,86
Saldo de la inversión	-\$ 750.000,00	-\$ 324.314,06	-\$ 36.414,42	\$ 299.294,43
VAN del proyecto	\$ 299.294,43			
TIR del proyecto	86%			
Período de recupero aproximado (descontado)	3 años			

Fuelle: Elaboración propia con la información suministrada por los directivos de la empresa del caso.

Esta es una de las formas de determinar la viabilidad financiera de un proyecto de inversión para que, una vez confirmada como en este caso, sea momento de informar a los directivos de los resultados obtenidos y comenzar a planificar la implementación del mismo.

2.6 Etapa de implementación.

La etapa de implementación tiene como objetivo llevar las propuestas analizadas a la realidad, este proceso se origina en la decisión tomada de llevar a cabo la mejora que debe ser determinada por los altos directivos en consideración con la situación por la cual está transitando la organización. Si considera que es el momento adecuado para abrirse paso hacia la actualización tecnológica y su organización cuenta con algunos recursos disponibles, la anterior guía de aplicación será el camino que asegure el aprovechamiento de esos recursos hacia la implementación de tecnologías 4.0 en su empresa. Una vez decididos es momento de confeccionar un grupo de trabajo que esté a cargo del proyecto, para esto procure que los conocimientos requeridos para llevarlo a cabo sean cubiertos por los miembros del grupo y que la relación entre los mismos sea cuanto menos amena. En esta etapa es muy importante la eficiencia del equipo para con los recursos que se les son asignados, principalmente el tiempo, ya que como hemos visto el desarrollo tecnológico es un proceso constante, lo que apliquemos hoy podría perder utilidad en un futuro por lo que una ejecución del proyecto en el tiempo adecuado con los recursos estipulados resulta indispensable. Para una correcta planificación que maximice esta eficiencia contamos con herramientas como el diagrama de Gantt que se muestra a continuación:

Tabla 11: Diagrama de Gantt para la aplicación del proyecto de mejora tecnológica del caso.

Nombre del proyecto		Equipo de proyecto		
Jefe de proyectos	Almacenamiento de combustible integrado a tablero de control	Nombre	Email	Teléfono
Fecha de comienzo	Rodrigo Cáceres	Rubén	rubensalvagno12@live.com	3442-632851
	23/ Marz 2020	Gonzalo	gonzalosalvagno1@live.com	3442-594621
		Fabián	fabiancaceres@hotmail.com	3442-523206
		Damián	damianratto@live.com.ar	3442-643031
		Rodrigo	rodrigocaceres_510@hotmail.com	3442-522748

Tarea/paquete de trabajo	Encargado/a	Recursos asignados	Recursos utilizados	Fecha de inicio	Duración (días)	finalización	Progreso
Bloque 1							
Compra tanque (negociación)	Rubén	\$700000	\$650000	23/03/2020	4	26/03/20	100%
Transporte tanque	Fabián			26/03/2020	10	08/04/20	100%
Bloque 2							
Acondicionamiento de terreno	Gonzalo	\$20000	\$20000	26/03/2020	5	01/04/20	100%
Preparación de la base	Gonzalo	\$30000	\$30000	02/04/2020	5	08/04/20	100%
Bloque 3							
Adecuación del tablero de control	Damián	\$15000	\$15000	09/04/2020	8	20/04/20	100%

Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5						
23/03/2020							30/03/2020							06/04/2020							13/04/2020							20/04/2020						
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
																			</															

3 CONCLUSIÓN.

La introducción de soluciones prácticas de Industria 4.0 a pequeñas y medianas empresas les permitirá desarrollar nuevas competencias como así también mantenerse competitivas en un entorno que apunta hacia la evolución tecnológica constante. Para lograrlo no siempre son necesarias cantidades de capital alejadas a la realidad de las PyMEs aunque si es indispensable una mente abierta al cambio tecnológico.

Para el caso en cuestión, si bien la aplicación de la guía ha sido exitosa y ha significado una mejora tanto en lo económico como en cuanto a practicidad general en el proceso de abastecimiento de combustible, no debe significar bajo ningún motivo que el proceso de evolución tecnológica ha finalizado, sino que es necesario comprender que estamos hablando de un proceso constante, las propuestas que eran de segunda prioridad son aquellas que ahora deberán ser evaluadas ya que es altamente probable que aún existan oportunidades de mejora al alcance de la organización.

Resulta prometedor que esta versión preliminar de la Guía de Aplicación de Industria 4.0 en PyMES haya sido de utilidad en la práctica, aún con las limitaciones que suponen la falta de desarrollo de la misma, lo novedoso de la temática y mi inexperiencia como autor. En caso de poder profundizar este estudio como parte de un proyecto de investigación, o bien a modo de tesis de maestría en un futuro, se podrían idear métodos que eviten la necesidad de determinaciones de carácter subjetivo y podríamos estar hablando de una guía que pueda servir como documento de referencia para las PyMEs, sea cual sea el rubro, a la hora de implementar aplicaciones de Industria 4.0 en sus organizaciones.

4 BIBLIOGRAFÍA.

- Reiner A. (2016). *Industrie 4.0 – Digital Transformation in Product Engineering and Production*.
- Tortorella, G. L. & Vergara Mac Cawley, A. & Garza-Reyes, J. A. & Sawhney, R. (2020) – Organizational leaning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers, *International Journal of Production Economics* 219.
- Angelopoulos A. & Michailidis E. T. & Nomikos N. & Trakadas P. & Hatziefremidis A. & Voliotis S & Zahariadis T. (2019) – Tackling Faults in the Industry 4.0 Era-A Survey of Machine-Learning Solutions and Key Aspects.
- Pessôa Pereira M. V. & Jauregui Becker J. M. (2020) – Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development, 2-5.
- Ayandibu A. O. & Houghton J. (2019) – The role of Small and Medium Scale Enterprise in local economic development (LED), *Journal of Business and Retail Management Research*, Vol.11(2).
- Cravo T. A. & Gourlay A. & Becker B. (2010) - SMEs and Regional Economic Growth in Brazil.
- Ming-Wen H. (2010) - SMEs and Economic Growth: Entrepreneurship or Employment.
- Ghergina S. C. & Botezatu M. A. & Hosszu A. & Simionescu L. N. (2020) - Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): The Engine of Economic Growth through Investments and Innovation.
- Kantis H. & Masahiko I. & Masahiko K. (2002) - *Empresarialidad en Economías Emergentes: Creación y desarrollo de nuevas empresas en América Latina y el Este de Asia*.
- Akingunola R. O. (2011) - *Small and Medium Scale Enterprises and Economic Growth in Nigeria: An Assessment of Financing Options*.
- Rauch E. & Linder C. & Dallasega P. (2019) - *Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0*.
- Asimwe M. M. & Kock I. H. (2019) – *An Analysis of the extent to which Industry 4.0 has been considered in Sustainability or Socio-Technical transitions*.
- Kermer-Meyer A. (2017) – *Industry 4.0 Maturity Assessment*.

- Leyh C. & Schäffer T. & Bley K & Bay L. (2017) – The application of the Maturity Model SIMMI 4.0 in Selected Enterprises
- Schumacher A. & Erol S. & Sihn W. (2016) – A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises
- Gracel J. & Lebrkowski P. (2018) – Concept of Industry 4.0- Related Manufacturing Technology Maturity Model (ManuTech Maturity Model – MTMM)

5 ANEXOS

5.1 Categorización de PyMEs según organismos internacionales

Organismo	Tamaño de la empresa	Número de trabajadores
OCDE ⁶	Micro	1 a 10
	Pequeña	10 a 49
	Mediana	50 a 250
	Grande	251 en adelante
	Micro	1 a 5
	Pequeña	5 a 49
CEPAL ⁷	Mediana	50 a 250
	Grande	251 en adelante
	Micro	1 a 50
SBA ⁸	Pequeña	51 a 250
	Mediana	251 a 500
	Grande	501 en adelante
CE ⁹	Micro	1 a 9
	Pequeña	10 a 49
	Mediana	49 a 249
	Grande	250 en adelante

fuentes: elaboración propia con información de los organismos involucrados

⁶ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - <http://www.oecd.org/>

⁷ Comisión Económica para América Latina y el Caribe - <https://www.cepal.org/>

⁸ U.S Small Business Administration - <https://www.sba.gov/>

⁹ Comisión Europea - <https://ec.europa.eu/>