

**IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LAS PYMES, DRIVERS,
BARRERAS E IMPACTO EN EL RENDIMIENTO EMPRESARIAL**

Autor: Omar Alexander León García

Docente investigador –Compensar Fundación Universitaria - Av. Calle 32 No. 17-30
– Bogotá Colombia

Área temática: Dirección y Organización

Palabras claves: Industria 4.0, barreras, drivers, preparación a la industria 4.0,
rendimiento empresarial, Pymes

Implementación de la industria 4.0 en las Pymes, drivers, barreras e impacto en el rendimiento empresarial

Resumen

A pesar del alto desarrollo que la industria 4.0 trae a las organizaciones, se ha evidenciado la brecha que existe en su implantación de acuerdo con el tamaño de la empresa. Este estudio analiza las *barreras* y *drivers* con los que se encuentran las empresas para implantar la industria 4.0 en sus procesos organizacionales. A partir de una muestra de 141 Pymes se realizaron diferentes análisis según el modelo de investigación propuesto para estimar los efectos de las variables determinadas. Se evidenció que los *drivers* para la Industria 4.0 llevan a que las empresas estén más *preparadas*, tengan un mayor grado de uso de estas *tecnologías* y presenten un mejor *rendimiento* empresarial. De otro lado, las *barreras* limitan su acceso y afectan negativamente el rendimiento empresarial. Estos resultados son de gran importancia para el sector empresarial en su apuesta por desarrollar procesos de transformación digital.

Introducción

El desarrollo de la llamada cuarta revolución industrial se basa en los requisitos de clientes cada vez más personalizados y nace con la idea de ser un soporte digital integrado del ciclo de vida completo del producto desde la etapa de desarrollo hasta los procesos de fabricación y los servicios relacionados con el cliente (Bauer, Schlund, Hornung, & Schuler, 2018). En este ciclo, la disponibilidad de la información de cada parte del proceso es fundamental para optimizar la creación de valor debido a su alto impacto en los procesos establecidos en la cadena de suministro y su consecuente impacto en la productividad y *rendimiento* empresarial.

Uno de los objetivos de la industria 4.0 es el de contribuir aún más a la sostenibilidad de las organizaciones mediante la digitalización de las cadenas de suministro y promoviendo la integración de procesos y empresas a través de las redes (Ghobakhloo & Fathi, 2019). En

línea con estos cambios esperados, las empresas están cada vez más interesadas en la aplicación de nuevas tecnologías para garantizar la competitividad a largo plazo y permitirles adaptarse a condiciones ambientales dinámicamente cambiantes, como acortar los ciclos de vida de los productos, aumentar la diversidad y cambiar las expectativas de los consumidores (Bauer, Hämmerle, Schlund, & Vocke, 2015). Sin embargo, y a pesar de estas nuevas oportunidades, las empresas se encuentran con diferentes factores que pueden facilitar (*drivers*) u obstaculizar (*barreras*) su intención de implementar la industria 4.0 dentro de sus procesos organizacionales.

En este sentido, la transformación digital iniciada por la Industria 4.0 debe madurar en todas las organizaciones sin importar su tamaño para entregar los beneficios esperados (Ghobakhloo & Fathi, 2019). Al respecto hoy en día las brechas de implementación de las tecnologías relacionadas con la industria 4.0 entre grandes y pequeñas empresas son aún amplias, debido a sus altos costos o a que aún no es claro para algunas organizaciones el alto impacto que estas pueden tener dentro de sus procesos internos (León García & Baez Landeros, 2020). Estas brechas hacen que algunas empresas no tengan un grado de *preparación* adecuado para implementar la industria 4.0, la cual es el punto de partida y permite la iniciación del proceso de implementación (Schumacher, Erol, & Sihn, 2016). Esta *preparación* está relacionada con diferentes aspectos tales como la voluntad, los conocimientos y capacidades del talento humano de la empresa, así como la disponibilidad de recursos financieros.

Así mismo, y entendiendo que la Industria 4.0 tiene el potencial de transformar el panorama empresarial a través de un aumento significativo de la productividad, existen grandes diferencias entre empresas para su implementación haciendo que la brecha de desempeño puede volverse aún mayor y los riesgos para los rezagados potencialmente insuperables (Liboni, Cezarino, Jabbour, Oliveira, & Stefanelli, 2019; Llinas Sala & Abad Puente, 2019). En consecuencia, es importante examinar los elementos facilitadores (*drivers*) que permiten implementar la industria 4.0 (Krishnan, Gupta, Kaliyan, Kumar, & Garza-Reyes, 2021), y que

están relacionados con la preexistencia tecnológica, el compromiso gerencial, la eficiencia productiva, el mercado y la competitividad, la sustentabilidad, los empleados competentes y las políticas gubernamentales.

Así mismo, no se puede ignorar que son muchos los desafíos o barreras asociados con la cuarta revolución industrial, como la capacidad financiera, los problemas de seguridad de los datos, el mantenimiento de la integridad del proceso de producción, la madurez de las tecnologías de la información (TI) y las competencias del conocimiento, entre otros (Ghobakhloo, 2018). Sin embargo, es la identificación de estas *barreras* es lo que eventualmente permitirá que se tomen decisiones que en última instancia facilitarán la adopción o implementación de la Industria 4.0 dentro de las organizaciones.

A pesar de que este campo es de alto interés académico, la investigación sobre este tema es aún incipiente. Solo unos pocos autores han realizado exámenes empíricos de este fenómeno con respecto a los *drivers* y *barreras* más importantes para la Industria 4.0. La importancia de estudiar este tema en particular radica en que las consecuencias de la implementación de la industria 4.0 tiene un alto impacto en la actividad productiva de las empresas debido a sus grandes aportes en los procesos empresariales de producción, la mejora de las ventajas competitivas, las facilidades que da a la internacionalización, lo que finalmente repercute en incrementar el *rendimiento* empresarial. En este sentido, el presente artículo tiene como principal objetivo identificar, mediante un análisis cuantitativo, las principales *barreras* y *drivers* que determinan la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 y promueven la *preparación* de las organizaciones a la industria 4.0, identificando aquellas relaciones entre estas variables se puede evidenciar su importancia e impacto en el *rendimiento* empresarial.

Marco conceptual

Desarrollo de la industria 4.0

Las tres primeras revoluciones industriales reconocidas tienen en común haber sido identificadas después de aparecer la tecnología que las caracterizó; sin embargo, la cuarta

revolución industrial es la primera en identificarse de forma previa a su implementación (Pereira & Romero, 2017). La primera revolución industrial se basó en la fuerza de vapor. y mecanización en la industria. La segunda revolución fue causada por la electricidad y la producción masiva y estuvo relacionada con la "automatización dura". La tercera revolución industrial se basó en las computadoras y se relacionó con la "automatización flexible". Finalmente, la cuarta revolución actual también se basa en las tecnologías de información pero está asociada a los "sistemas ciberfísicos"(Basl, 2017).

La industria 4.0 está dirigida a diseñar instalaciones de fabricación inteligentes mediante las cuales se dé el impulso a la tecnología para progresar y transformar las industrias (Krishnan et al., 2021). Este impulso de la Industria 4.0 contribuye aún más a la sostenibilidad de las organizaciones mediante la digitalización de las cadenas de suministro y promoviendo la integración de procesos y empresas a través de las redes (Ghobakhloo & Fathi, 2019). La transformación innovadora de los modelos y procesos comerciales y las eficiencias resultantes, a su vez, ofrecen numerosas ventajas, como la rentabilidad corporativa, productos y servicios más asequibles, una mejor experiencia del consumidor y un mayor valor para el cliente (Ghobakhloo & Fathi, 2019).

Las tecnologías de la industria 4.0, presentan un enfoque fuertemente optimista con altas expectativas en cuanto a la mejora del desempeño como resultado de su implementación, demostrando que no solo pueden ser utilizadas para realizar optimizaciones internas, sino que también tienen un alto potencial para ofrecer sus propios servicios al mercado (Julian Marius Müller & Däschle, 2018). Esto ha sido confirmado por otros autores en cuanto a que su potencial de desarrollo tecnológico se verá reflejado positivamente a nivel de desempeño industrial y desempeño sustentable en las Pymes (Büchi, Cugno, & Castagnoli, 2020; Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018; Ghobakhloo, 2020; Haseeb, Hussain, Ślusarczyk, & Jermsittiparsert, 2019; Nara et al., 2021).

Estas tecnologías ofrecen a las empresas nuevas alternativas para hacer negocios y les da la capacidad de adaptarse a los nuevos cambios del mercado, lo cual facilita el intercambio

de información digital entre compradores y proveedores, aumentando su interacción, confianza y beneficios de distribución (Julian M Müller, Veile, & Voigt, 2020). Su desarrollo proporciona beneficios como mejora de las ventas, aumento de la cantidad de producción, aumento de la capacidad instalada, así como la mejora de la velocidad y calidad de la producción (Calış Duman & Akdemir, 2021). Así mismo, es importante que las empresas reconozcan que el uso de estas tecnologías hace que el flujo de información entre la línea de producción, la gestión empresarial y la gestión de la cadena de suministro sea más transparente y organizada, reflejándose así en su desempeño económico al reducir los costos laborales (Fatorachian & Kazemi, 2020).

La Industria 4.0 también abarca un conjunto de desarrollos industriales futuros y aunque se considera que la tecnología aún no se encuentra completa, esta incluye una adaptación específica al cliente, una reducción del tiempo de procesamiento e introduce nuevos canales de distribución (Agostini & Filippini, 2019a). En este sentido, esta revolución necesita, aparte de una serie de tecnologías, de un fuerte acompañamiento de estrategias organizacionales y de estado para su correcta implementación (Yang & Gu, 2021). Estas estrategias permitirán finalmente desarrollar su propio modelo de implementación acorde a sus necesidades reales (Wippel, 2021).

Por otro lado, es necesario identificar que tan preparadas están las organizaciones para implementar la industria 4.0. Esta preparación está determinada por diferentes dimensiones que incluyen las motivaciones para cambiar los procesos existentes, las disposiciones para correr riesgos con las tecnologías, tener suficiente conocimiento sobre las tecnologías, tener empleados con las competencias adecuadas y la motivación adecuada para trabajar con ellas y tener la cantidad adecuada de apoyo de la alta dirección en términos de apoyo financiero y actitudes (Haug, Pedersen, & Arlbjørn, 2011).

En esta preparación a la industria 4.0 es necesario identificar la importancia que ha tenido su desarrollo sobre la naturaleza de la competencia, la cadena de valor, el modelo de negocio, la organización del trabajo, el entorno laboral, la gestión dinámica de procesos comerciales complejos y las estrategias corporativas en muchas industrias (Agostini & Filippini, 2019a). Esto permite establecer que la Industria 4.0 tiene el potencial de transformar el panorama empresarial a través de un aumento en la productividad, siendo el impacto potencial de tal proporción, que es la razón que convierte a la industria 4.0 en una verdadera revolución industrial (Llinas Sala & Abad Puente, 2019), ya que tiene un papel positivo en el desempeño empresarial sostenible de las empresas y abren grandes oportunidades para las industrias (Büchi et al., 2020).

Drivers como facilitadores para la Implementación de la industria 4.0

Entendiendo que la Industria 4.0 tiene el potencial de transformar el panorama empresarial a través de un aumento significativo de la productividad, es importante reconocer que aspectos facilitan la preparación de las organizaciones para su implementación. Estos facilitadores son reconocidos en la literatura como *drivers*, y según diferentes estudios, están relacionados con la preexistencia tecnológica, el compromiso gerencial, la eficiencia productiva, el mercado y la competitividad, la sustentabilidad, los empleados competentes y las políticas gubernamentales. La tabla 1 muestra las principales características de estos *drivers*.

Tabla 1. Características de los *drivers* para implementar la industria 4.0

Drivers	Características	Autor
Preexistencia tecnológica	Las Pymes se han venido esforzando desde tiempo atrás por implementar herramientas tecnológicas como los sistemas para la planificación inteligente de recursos empresariales (ERP), el diseño y la fabricación asistidos por computadora (CAD / CAM) y los programas de automatización industrial, lo que les permite permanecer competitivos en la era de la Industria 4.0. La implementación de la Industria 4.0 que viene con esta preexistencia tecnológica permite el desarrollo de mejores prácticas de producción con lo que son capaces de mejorar sus procesos sin la necesidad de	(Ghobakhloo & Fathi, 2019; Glas & Kleemann, 2016).

	realizar grandes esfuerzos económicos desde un inicio.	
Compromiso gerencial	El compromiso y apoyo desde las directivas de la organización permite realizar cambios e innovaciones radicales. De hecho, se sugieren que la transformación hacia la Industria 4.0 debe tener un grado de <i>preparación</i> a nivel organizacional y gerencial antes de abordar la tecnología, y los administradores deben darse cuenta de que eventualmente enfrentarán una transformación organizacional que implica la creación de una empresa adaptable, una con más flexibilidad y estructuras jerárquicas reactivas y con una visión estratégica clara y honesta.	(Kohnová, Papula, & Salajová, 2019) (Agostini & Filippini, 2019b) (Hamzeh, Zhong, & Xu, 2018; Kiel, Müller, Arnold, & Voigt, 2017).
La eficiencia productiva	Los sistemas inteligentes podrían mejorar la resistencia, la flexibilidad y el rendimiento de la cadena de suministro, permitiendo que las organizaciones estén mejor <i>preparadas</i> para enfrentar y recuperarse de eventos inesperados y responder a factores altamente dinámicos en el entorno empresarial. Entre los beneficios que se pueden obtener de la digitalización de la fábrica se encuentran mayor flexibilidad en la fabricación, personalización masiva de productos, mejor calidad, mejores relaciones comerciales, reducción de desperdicios, reducción de costos y mejora de la productividad con respeto al control de procesos, comunicación digital con proveedores y reducción de inventarios.	(Ralston & Blackhurst, 2020)
El mercado y la competitividad	La Industria 4.0 ofrece un modelo estratégico y comercial de oportunidades a largo plazo para mantener y expandir la posición competitiva de la empresa. Las oportunidades estratégicas son los principales antecedentes y <i>preparan</i> a la empresa para la implementación de la Industria 4.0 para las grandes empresas, mientras que las oportunidades operativas son impulsores para las pymes. La adopción de fabricación avanzada o inteligente para las Pymes está impulsada por el mercado y factores externos, y no por factores internos dentro de la organización.	(Strange & Zucchella, 2017)
Sostenibilidad	Considerando que la Industria 4.0 busca conectar recursos, servicios, productos y seres humanos en tiempo real a través de la digitalización, se prevé que habrá grandes impactos en la sostenibilidad en términos de aspectos económicos, ecológicos y sociales. Esta creación de valor debe permitir enfrentar el desafío de satisfacer la creciente demanda mundial de bienes de capital y de consumo, garantizando al mismo tiempo una evolución sostenible de la existencia humana en sus dimensiones social, ambiental y económica. En esta misma dirección y con respecto a la Agenda para el Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas, se busca garantizar una producción y un consumo responsable para lo cual se espera que la Industria 4.0 y sus	(Ancarani, Di Mauro, & Mascali, 2019; Asimwe & De Kock, 2019; Julian Marius Müller & Däschle, 2018).

	tecnologías clave contribuyan en la reducción de los impactos ambientales provocados por la fabricación industrial.	
Interacción de la cadena de suministro	<p>La cuarta revolución industrial ha impactado las interacciones de la cadena de suministro debido al crecimiento exponencial de los datos sensibles y la difusión de los procesos digitalizados, razón por la cual la cadena de suministro se considera un motor importante hacia la Industria 4.0 ya que permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La integración de los diversos sistemas de tecnologías de la información utilizados en las diferentes etapas de los procesos de planificación comercial y de fabricación • La integración de los distintos sistemas informáticos en las diferentes jerarquías organizacionales • La integración en todo el proceso de ingeniería para que el mundo digital y el real se integren en toda la cadena de valor. 	(Ghobakhloo & Fathi, 2019; Stock & Seliger, 2016).
Los empleados competentes	<p>Los empleados competentes son uno de los factores de éxito más importantes en la creación de la digitalización. Se ha evidenciado que cuando los empleados están involucrados se ha mejorado el intercambio de información dentro de la organización.</p> <p>En cuanto a las habilidades técnicas, debe entenderse que las empresas están automatizando tareas monótonas al tiempo que cambian las responsabilidades de los empleados, lo que significa que las habilidades deben especializarse para aprovechar mejor el sistema. Las tecnologías basadas en Industria 4.0 pueden contribuir significativamente al desarrollo de capacidades de aprendizaje organizacional tanto a nivel individual como colectivo. En términos de habilidades socioculturales, estas se refieren a elementos emocionales o intangibles que generalmente se subestiman, pero que son relevantes para mejorar la operación, la productividad y el <i>rendimiento</i> empresarial.</p>	(Backhaus & Nadarajah, 2019) (Stock & Seliger, 2016) (Stock & Seliger, 2016) (Maisiri, Darwish, & van Dyk, 2019) (Ralston & Blackhurst, 2020) (Tortorella, Vergara, Garza-Reyes, & Sawhney, 2020)
Las políticas gubernamentales	Desde 2013, cuando el gobierno alemán (pionero en industria 4.0 a nivel mundial) lanzó la iniciativa para llevar la fabricación a la cuarta revolución industrial, se han desarrollado una serie de políticas y medidas gubernamentales en varios países del mundo para apoyar a las empresas (especialmente medianas y pequeñas) tanto a través de fondos como a través de programas de formación e institucional, acciones encaminadas a fomentar su implementación, mediante la relación entre la empresa y los actores externos, ya sean intermediarios, universidades o empresas innovadoras.	(Agostini & Filippini, 2019b; Pissar & Bilkova, 2019)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estas características, cada uno de estos *drivers* facilita la buena disposición y *preparación* que tienen las organizaciones para implementar la industria 4.0. Así mismo se

espera que las empresas que evidencien satisfactoriamente estos drivers se vean reflejados positivamente en su *rendimiento* empresarial. En este sentido se plantean como hipótesis de estudio: (H1) *La valoración de los drivers está relacionada positivamente con el grado de preparación que tienen las organizaciones para implementar la industria 4.0* y (H2) *La valoración de los drivers está relacionada positivamente con el rendimiento empresarial de las organizaciones.*

Barreras de implementación de la industria 4.0

Existen varios desafíos asociados a la cuarta revolución industrial con los cuales se enfrentan las empresas para poder implementarla y obtener los beneficios esperados por su desarrollo. Estos desafíos o *barreras* han sido identificados por las empresas y están relacionados con la capacidad financiera, los problemas de seguridad de los datos, el mantenimiento de la integridad del proceso de producción, la madurez de las tecnologías de la información y las competencias del conocimiento, entre otros. En este sentido, la identificación de estas *barreras* eventualmente permitirá que se tomen decisiones que en última instancia facilitan la preparación de las organizaciones para implementar la Industria 4.0 la adopción de estas *tecnologías* dentro de las organizaciones y repercuten en los resultados empresariales. La tabla 2 resume las características de estas *barreras*.

Barreras	Características	Autor
Seguridad de la información	La implementación de <i>tecnologías de la Industria 4.0</i> plantea no solo los riesgos asociados con un mayor uso de datos, sino también la conexión a millones de sensores y dispositivos de comunicación. Todo intercambio de datos tiene debilidades y existe un riesgo inminente de ser víctima de un acceso no autorizado y espionaje industrial. De tal manera que la misma interoperabilidad que genera eficiencia y efectividad operativa, también expone a más unidades de una empresa a riesgos cibernéticos.	(Kiel et al., 2017; Paritala, Manchikatla, & Yarlagadda, 2017).
Costos de inversión e implementación	Es considerada una de las mayores <i>barreras</i> para la adopción de <i>tecnologías</i> digitales integradas. Desafortunadamente, muchas empresas desconocen los beneficios que obtendrían al invertir en estos recursos. Además, y particularmente en relación con las pequeñas y medianas empresas, dada su limitada capacidad financiera, la mayoría de las pymes solo pueden digitalizar determinadas áreas de sus operaciones. En este sentido, es importante que	(Basil, 2017; Cardoso, Júnior, Bertosse, Bassi, & Ponciano, 2017) (Nagy, Oláh, Erdei, Máté, & Popp, 2018).

	<p>las empresas reconozcan que el uso de estas tecnologías hace que el flujo de información entre la línea de producción, la gestión empresarial y la gestión de la cadena de suministro sea más transparente y organizado, reflejándose así en su <i>rendimiento</i> económico al reducir los costos operacionales y laborales, recuperando la inversión en ellas.</p>	
<p>Capacidades de talento humano</p>	<p>A nivel de recursos humanos, los desafíos que plantea la Industria 4.0 requieren innovación y aprendizaje continuo ya que la tecnología no es inteligente per se, por lo que depende de la preparación de las organizaciones en cuanto a las capacidades de las personas para configurarse e implementarse adecuadamente. Por lo tanto, promover el desarrollo profesional de los empleados es de gran importancia para tener éxito en las primeras etapas de la transición a la digitalización.</p>	<p>(Agostini & Filippini, 2019b; Bauer et al., 2015).</p>
<p>Resistencia organizacional</p>	<p>La resistencia organizacional, tanto a nivel de empleados como directivo, puede obstaculizar significativamente la introducción de <i>tecnologías de Industria 4.0</i>. Es frecuente encontrar empleados que muestran disposición y alto nivel de participación en los procesos de digitalización. Sin embargo, también se encuentra que a pesar de todos los esfuerzos que hacen las empresas, hay empleados que se muestran esquivos a estos cambios, generando un mayor desgaste, lo que obliga a la organización a generar nuevas alternativas para que ningún empleado se quede fuera de estos procesos y dificultando su implementación.</p>	<p>(Horváth & Szabó, 2019) (Nagy et al., 2018)</p>
<p>Estandarización de las tecnologías de la industria 4.0</p>	<p>Aunque las empresas se han digitalizado parcialmente, realmente no pueden considerarse una fábrica totalmente inteligente si no se han utilizado tecnologías digitales de alta gama en todas las líneas de productos. Por lo tanto, la transformación y la estandarización pueden ser particularmente desafiantes para las Pymes, que generalmente se caracterizan por su bajo grado de estandarización de procesos, sus equipos de producción menos automatizados y sus limitaciones de recursos.</p>	<p>(Julian Marius Müller, Kiel, & Voigt, 2018; Nagy et al., 2018).</p>
<p>Integración</p>	<p>El desafío más frecuente en la implementación de las <i>tecnologías de la Industria 4.0</i>, es el de la integración técnica en el que las empresas enfrentan la tarea de implementar conexiones intra e interempresas a partir de su infraestructura informática. Generalmente, la conexión intraempresarial requiere la transformación y modificación de las instalaciones de producción, así como la armonización de componentes eléctricos y digitales. Por otro lado, se requiere la estandarización de las tecnologías de la industria 4.0 así como su interfaz para garantizar las interacciones entre empresas. Las organizaciones deben asegurarse de que la infraestructura de TI existente y la recién agregada estén armonizadas e integradas para</p>	<p>(Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo, & Barbaray, 2018) (Julian Marius Müller, Buliga, & Voigt, 2018) (Ghobakhloo, 2018)</p>

	que todos los componentes de la fábrica inteligente estén interconectados y sean interoperables.	
--	--	--

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estas barreras y desafíos identificados, a los cuales hacen referencia diferentes estudios, se hace necesario identificar de manera cuantitativa cuál es su relación con la preparación que tienen las empresas a la industria 4.0 y la adopción de tecnologías de la industria 4.0. Para esto se plantean como hipótesis de estudio: *(H3) El nivel de percepción de barreras está relacionado negativamente con la preparación de las empresas a la industria 4.0, (H4) El nivel de percepción de barreras está relacionado negativamente con la adopción de tecnologías de la industria 4.0, (H5) El nivel de percepción de barreras está relacionado negativamente con el rendimiento empresarial.*

Método

Este estudio se desarrolla a través de la implementación de una encuesta dirigida a gerentes de Pymes establecidos en la ciudad de Bogotá Colombia. La muestra final consistió en 141 empresas que respondieron el cuestionario presentado en formato físico y en línea durante el período de enero a mayo de 2021. Una característica importante de este tipo de instrumento es que es autogestionado, ya que se proporcionó directamente a los participantes de la muestra, quienes lo contestaron directamente ellos mismos sin necesidad de intermediario, lo que resulta adecuado para las intenciones de la investigación ya que es el más utilizado para la obtención de información de una sola vez a partir de una muestra (Luke, 2012).

La muestra ha sido conformada de acuerdo con los índices de respuesta obtenidos y según las características definidas en la población, descartando aquellas empresas que, contestando al cuestionario, no cumplieran con dichas características. En total se recibieron 148 cuestionarios de los cuales se anularon 7 debido a que no fueron cumplimentados adecuadamente o que no cumplían con las características muestrales. Una vez excluidos los cuestionarios no válidos la muestra final quedó compuesta por 141 empresas (*Los sectores*

de mayor participación del estudio han sido los de servicios con 28,2%, Información y comunicaciones con 18% e Industrias manufactureras con 12,5%) que respondieron el cuestionario presentado en línea (nivel de confianza del 95%, $pq = 0,50$: 8,25%).

Medición de variables dependientes

Tecnologías de la industria 4.0

Para medir esta variable se han identificado las principales herramientas tecnológicas de la industria 4.0 (BigData, robots autónomos, simulación, integración del sistema horizontal y vertical, internet de las cosas, ciberseguridad, fabricación aditiva, cloud computing, inteligencia artificial, realidad aumentada, tecnologías móviles, Identificación por radiofrecuencia). La lista de herramientas ha sido sugerida por las tendencias reconocidas por los estudios sobre tendencias tecnológicas Gartner, la UIT, Eurostat, etc. Para esta variable se solicitó a los directores que indicaran cómo es el nivel de uso de cada una de estas herramientas seleccionadas. Esta variable consiste en la media aritmética obtenida a partir de una escala Likert de cinco puntos. Para validar esta medida, la fiabilidad de la escala se verifica mediante la estadística Alpha Cronbach (0,921) y KMO (0,894), (comunalidades superiores a 0,553) que indica la validez de la escala utilizada.

Rendimiento Empresarial

Teniendo en cuenta que el rendimiento en la mayoría de los casos es reconocido de acuerdo con las medidas cuantificables de ingresos, ventas, cuota de mercado, etc., no se pueden ignorar otras medidas tales como la satisfacción del cliente, el desarrollo de habilidades, mejora del flujo de trabajo etc.,(Khan, Khaliq, & Nor, 2014), ya que permiten una definición más amplia del rendimiento de la empresa. En este sentido, el rendimiento de la empresa se ha medido mediante la escala desarrollada por Wiklund & Shepherd (2003). Esta escala implica datos informados por parte del directivo, los cuales pueden examinar las dimensiones financieras y no financieras del rendimiento en la organización. Se utilizó una escala Likert de cinco puntos para evaluar el desempeño en los últimos años de la empresa. La utilización de

medidas es apropiada en este estudio debido a que son convenientes cuando se estudian empresas de pequeño y mediano tamaño y a que permiten una definición más amplia del rendimiento de la empresa (Wallace, Little, Hill, & Ridge, 2010). El índice de alfa de Cronbach (0,908), así como el KMO (0,837) verifican la fiabilidad y validez de la escala utilizada.

Preparación a la industria 4.0

Esta variable se ha medido utilizando la escala adaptada de Haug et al.(2011) incluyendo siete ítems en el cuestionario con una escala Likert de 5 puntos. Estos ítems evaluaban aspectos relacionados con: *presión para trabajar con la industria 4.0 (clientes, proveedores, autoridades etc.)*, *voluntad de correr riesgos para experimentar con la Industria 4.0*, *conocimiento necesario sobre la industria 4.0*, *contar con el apoyo necesario de la alta dirección para trabajar con Industria 4.0*, *competencias adecuadas para trabajar con Industria 4.0*, *motivación trabajar con Industria 4.0*, *libertad económica para trabajar con la industria 4.0*. Los resultados del análisis factorial apoyan una solución de un factor que explica 57,4% por ciento de la varianza, y el alfa de Cronbach es 0.870. Para validar esta medida, la fiabilidad de la escala se verifica mediante la estadística KMO (0,833), (comunalidades superiores a 0,635) que indica la validez de la escala utilizada. El índice se calcula como la puntuación media de los 7 ítems.

Medición de variables independientes

Barreras

Para medir la variable *barreras* que impiden que las organizaciones implementen la industria 4.0 dentro de la empresa, se solicitó a los directores que evaluaran cada una de ellas dentro de una escala Likert 5, la cual se midió utilizando un índice basado en el estudio de Stentoft, Jensen, Philipsen, & Haug (2019) y compuesto por 11 ítems del cuestionario. Los análisis de factores apoyan una solución de un factor que explica 60,5% por ciento de la varianza, y el alfa de Cronbach es 0.934. El índice se calcula como la puntuación media de los 11 ítems.

Para validar esta medida, la fiabilidad de la escala se verifica mediante la estadística KMO (0,875), (comunalidades superiores a 0,576) que indica la validez de la escala utilizada.

Drivers

La variable *drivers* para la industria 4.0 se midió usando un índice construido a partir de diez ítems con una escala Likert de 5 puntos. El análisis factorial confirma una solución de un factor que explica el 44,0% de la varianza, y el alfa de Cronbach es 0.854 y KMO de 0,809 (comunalidades superiores a 0,507). El índice se construye utilizando el puntaje promedio de los diez ítems. La variable está compuesta por la media aritmética de acuerdo con las respuestas dadas por el directivo de los ítems evaluados (índice basado en el estudio de (Stentoft et al., 2019). Para validar esta medida, la fiabilidad de la escala se verifica mediante el estadístico Alpha Cronbach (0,868) y KMO (0,756), (comunalidades superiores a 0,612) que indican la validez de la escala utilizada.

Resultados

Relación de los drivers con el grado de preparación que tienen las organizaciones para implementar la industria 4.0

Para validar esta hipótesis se ha realizado inicialmente un análisis de correlación de las dos variables de interés, *drivers* y grado de preparación para la industria 4.0. El Coeficiente de Correlación (Pearson) es un valor positivo (0,502) y estadísticamente significativo ($p = 0,000$), por lo que se puede concluir que ambas variables están asociadas en la población de la que proviene la muestra analizada y que dicha asociación muestra una correlación directa. Con estos valores de correlación es posible complementar el estudio estadístico a través del análisis de regresión lineal para evaluar dicha relación. Para esto se ha considerado el siguiente modelo, utilizando una regresión lineal por MCO (mínimos cuadrados ordinarios).

$$Preparación = b_0 + b_1 Drivers_i + b_2 Tamaño_i + b_3 Edad_i + \epsilon_i$$

Las variables tamaño y la edad de la empresa se han incluido en el modelo de regresión para fines de control. Ver tabla 3.

Tabla 3. Resumen modelo relación Drivers y grado de preparación a la industria 4.0

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.518 ^a	.269	.253	.92400	2.094

a. Predictors: (Constant), Tamaño, Drivers, Edad

b. Dependent Variable: Preparación

Los resultados de la regresión (R^2 ajustado=0,253) indican que el 25,3% de la variabilidad del grado de preparación está asociada a los *Drivers* que facilitan su implementación. A su vez, la tabla del ANOVA muestra que las variables están linealmente relacionadas con un nivel de significancia de 0,000. Así mismo se identifica un coeficiente no estandarizado para *Drivers* de 0,640, con unos valores VIF cercanos a 1 (1,002). Con estos resultados se puede concluir que las dos variables están asociadas o relacionadas linealmente en la población de la que proviene la muestra y que la relación de las variables es directa. Estos resultados indican que las empresas con una mayor valoración de los *Drivers* tienen un mayor grado de preparación para implementar la industria 4.0.

Relación de los drivers con la implementación de tecnologías de la industria 4.0

Las empresas de la muestra evalúan como principales *drivers* para implementar la industria 4.0 el mejorar el tiempo de comercialización de sus productos innovadores, y a que les permite por un lado cumplir con mayor facilidad con los requisitos del cliente, así como reducir los costos en la producción de sus productos.

La hipótesis 2 (H2) plantea que los *drivers* de implementación de industria 4.0 puede ser un factor importante en la implementación de tecnologías de la industria 4.0. Bajo el supuesto de esta hipótesis se pretende demostrar que las empresas que mejor valoran estos *drivers* presentan un mayor nivel de uso de tecnologías de la industria 4.0. Inicialmente se realizó un análisis de correlación de las dos variables de interés. El Coeficiente de Correlación (Pearson) es un valor positivo (0,372) con un coeficiente estadísticamente significativo ($p = 0,000$), por lo que se puede concluir que ambas variables están asociadas en la población de la que

proviene la muestra analizada, y que dicha asociación muestra una correlación directa. Con estos valores de correlación, es posible complementar el estudio estadístico mediante un análisis de regresión lineal simple para evaluar la relación. El siguiente es el modelo de análisis, utilizando una regresión lineal por MCO (mínimos cuadrados ordinarios).

$$\text{Tecnologías industria 4.0} = b_0 + b_1\text{Drivers}_i + b_2\text{Tamaño}_i + b_3\text{Edad}_i + \varepsilon_i$$

Las variables tamaño y la edad de la empresa se han incluido en el modelo de regresión para fines de control. Ver tabla 4.

Tabla 4. Resumen modelo relación Drivers y Tecnologías de la industria 4.0

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.382 ^a	.146	.127	.783	1.708

a. Predictors: (Constant), Tamaño, Edad, Tecnologías

b. Dependent Variable: Drivers

El modelo desarrollado tiene un valor de R² ajustado de 0,146 lo que indica que el 14,6 % de la variabilidad del grado de implementación de tecnologías de la industria 4.0 depende del uso de los *drivers*. El estadístico ANOVA (análisis de varianza) tiene un valor bajo de 0.000, lo que confirma que las variables están linealmente relacionadas. También identifica un coeficiente no estandarizado para *Drivers* 0.282, con valores cercanos a 1 VIF (1.043) en las variables utilizadas, lo que indica que la multicolinealidad no es un problema que afecte los resultados. Estos resultados muestran que las empresas con un mayor grado de valoración de *drivers* tienen un mayor grado de tecnologías de la industria 4.0 y se confirma la hipótesis (H2).

Relación entre los drivers con rendimiento empresarial

Bajo el supuesto de esta hipótesis se pretende demostrar que las empresas que presentan una mayor percepción de *drivers* de industria 4.0 presentan también un mejor rendimiento empresarial. Se ha podido observar que el Coeficiente de Correlación (Pearson) es un valor positivo 0,468 con un coeficiente estadísticamente significativo ($p = 0,000$), por lo que se

puede concluir que ambas variables están asociadas en la población de la que proviene la muestra analizada y que dicha asociación muestra una correlación directa.

Con estos valores de correlación es posible complementar el estudio estadístico a través del análisis de regresión lineal simple, para evaluar dicha relación. Para esto se ha considerado el siguiente modelo, utilizando una regresión lineal por MCO.

$$\text{Rendimiento} = b_0 + b_1\text{Drivers}_i + b_2\text{Tamaño}_i + b_3\text{Edad}_i + \varepsilon_i.$$

Los resultados de la regresión que se muestran en la tabla 3 indican que el 22,6% (R²) de la variabilidad del rendimiento empresarial está asociada a los *drivers* de implementación de la industria 4.0. A su vez, resultado del ANOVA muestra que las variables están linealmente relacionadas con un nivel de significancia de 0,000. Ver tabla 5

Tabla 5. Resumen modelo relación Rendimiento y drivers implementación industria 4.0

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.476 ^a	.226	.209	.714	1.987

a. Predictors: (Constant), Tamaño, Drivers, Edad

b. Dependent Variable: Rendimiento

Así mismo se identifica un coeficiente no estandarizado para Drivers de 0,445 con un valor de VIF igual a 1 (1,002). Estos resultados muestran que las empresas con un mayor grado de *drivers* tienen un mejor rendimiento empresarial, confirmando la hipótesis planteada (H3).

Relación de barreras, Tecnologías industria 4.0 y rendimiento empresarial.

A nivel descriptivo, los resultados muestran que las empresas identifican como una de las principales *barreras* para implementar la industria 4.0 el contar con muy pocos recursos financieros (3,36), lo que dificulta que algunas de las empresas de la muestra implementen las tecnologías relacionadas con la industria 4.0 dentro de sus procesos. Así mismo, con respecto al talento humano, las empresas consideran que falta preparación de los empleados

(3,36) y se requiere educación continua de los mismos para poder implementar la industria 4.0 dentro de la organización (3,26).

El estudio asume que a medida que las empresas tengan una mayor percepción de *barreras* para implementar la industria 4.0, el grado de uso de tecnologías de la industria 4.0 será menor. Para este análisis, se realizó un análisis de correlación entre estas dos variables. Se ha determinado que el coeficiente de correlación (Pearson) es un valor negativo (-0,306) con un coeficiente estadísticamente significativo ($p = 0,000$), por lo que podemos concluir que ambas variables están asociadas inversamente. Igualmente, con respecto al rendimiento empresarial, la hipótesis 2 sugiere que estas *barreras* tienen una relación negativa con el rendimiento empresarial. En este caso el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables *barreras* y rendimiento empresarial es negativo (-0,080) con un coeficiente estadístico no significativo.

Estos resultados muestran que las empresas que perciben un mayor grado de *barreras* de implementación de industria 4.0 muestran un menor grado de uso de tecnologías de la industria 4.0, lo cual está acorde con la hipótesis 1 (H4). Por otro lado, estas *barreras* están asociadas con un menor rendimiento empresarial, sin embargo, de acuerdo con los valores de significancia estadística no se puede corroborar la hipótesis 5 (H5).

Conclusiones

La información obtenida muestra que las empresas de la muestra no tienen una alta adopción de tecnologías de la industria 4.0 debido a diferentes factores que dificultan su adopción, El estudio revela que las *barreras* que identifican las empresas para implementar la industria 4.0 en sus procesos están relacionadas con los pocos recursos financieros con los que cuentan, así como la falta de preparación de los empleados ya que se requiere de una educación continua de los mismos para poder implementar la industria 4.0 dentro de la organización. Se ha podido constatar también que estas *barreras* impiden una mayor penetración de estas

tecnologías en las empresas de la muestra, resultados esperados de acuerdo a los análisis descriptivos identificados.

Así mismo, las empresas del estudio muestran como principales *drivers* para implementar la industria 4.0 el de mejorar el tiempo de comercialización de sus productos innovadores, esto indica que las empresas consideran que las tecnologías de la industria 4.0 facilitan la salida de nuevos productos innovadores y mejora los tiempos de su comercialización, esto puede deberse a que reducen los costos de producción de sus productos y les permite cumplir con mayor facilidad con los requisitos del cliente. Los datos del estudio también han demostrado una relación positiva entre estos *drivers* con la implementación de estas tecnologías y el rendimiento empresarial. Esto demuestra que las empresas que mejor valoran dichos *drivers* tienen un mayor nivel de implementación de industria 4.0 y un mejor rendimiento empresarial.

Estos resultados son importantes para que las empresas planifiquen sus procesos de transformación digital, identificando qué elementos facilitan o dificultan su implementación. Para investigaciones futuras se puede determinar qué acciones se pueden tomar para reducir las *barreras* actuales y cuales tecnologías específicamente pueden facilitar los procesos de transformación digital.

Referencias

- Agostini, L., & Filippini, R. (2019a). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. *European Journal of Innovation Management*, 22, 406-421. doi: <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2018-0030>
- Agostini, L., & Filippini, R. (2019b). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. *European Journal of Innovation Management*.
- Ancarani, A., Di Mauro, C., & Mascali, F. (2019). Backshoring strategy and the adoption of Industry 4.0: Evidence from Europe. *Journal of World Business*, 54(4), 360-371.
- Asiimwe, M. M., & De Kock, I. H. (2019). An analysis of the extent to which Industry 4.0 has been considered in sustainability or socio-technical transitions. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 41-51.
- Backhaus, S. K. H., & Nadarajah, D. (2019). Investigating the Relationship between Industry 4.0 and Productivity: A Conceptual Framework for Malaysian Manufacturing Firms. *Procedia Computer Science*, 161, 696-706.
- Basl, J. (2017). Pilot study of readiness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0. *Management and Production Engineering Review*, 8.

- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., & Vocke, C. (2015). Transforming to a hyper-connected society and economy—towards an “Industry 4.0”. *Procedia Manufacturing*, 3, 417-424.
- Bauer, W., Schlund, S., Hornung, T., & Schuler, S. (2018). Digitalization of industrial value chains—a review and evaluation of existing use cases of Industry 4.0 in Germany. *LogForum*, 14(3).
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
- Calış Duman, M., & Akdemir, B. (2021). A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120615>
- Cardoso, W., Júnior, W. A., Bertosse, J. F., Bassi, E., & Ponciano, E. S. (2017). Digital manufacturing, industry 4.0, cloud computing and thing internet: Brazilian contextualization and reality. *Independent Journal of Management & Production*, 8(2), 459-473.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2020). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 1-19. doi: 10.1080/09537287.2020.1712487
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>
- Ghobakhloo, M., & Fathi, M. (2019). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Glas, A. H., & Kleemann, F. C. (2016). The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(6), 55-66.
- Hamzeh, R., Zhong, R., & Xu, X. W. (2018). A survey study on industry 4.0 for New Zealand manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 26, 49-57.
- Haseeb, M., Hussain, H. I., Ślusarczyk, B., & Jermittiparsert, K. (2019). Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance. *Social Sciences*, 8(5), 154. doi: [doi:10.3390/socsci8050154](https://doi.org/10.3390/socsci8050154)
- Haug, A., Pedersen, S. G., & Arlbjørn, J. S. (2011). IT readiness in small and medium-sized enterprises. *Industrial Management & Data Systems*.
- Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Khan, M. W. J., Khalique, M., & Nor, R. M. (2014). Exploring the Measurements of Organizational Performance. *Market Forces College of Management Sciences*, IX(2).
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K.-I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
- Kohnová, L., Papula, J., & Salajová, N. (2019). Internal factors supporting business and technological transformation in the context of Industry 4.0. *Business: Theory and practice*, 20, 137-145.
- Krishnan, S., Gupta, S., Kaliyan, M., Kumar, V., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Assessing the key enablers for Industry 4.0 adoption using MICMAC analysis: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- León García, O. A., & Baez Landeros, E. R. (2020). Analysis of the Relationship Between IT and Industry 4.0 Technologies with Internationalization and Business Performance. *Ingeniería e Investigación*, 40, 89-99.

- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., & Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Llinas Sala, D., & Abad Puente, J. (2019). The role of high-performance people management practices in Industry 4.0: The case of medium-sized Spanish firms. *Intangible Capital*, 15(3), 190-207.
- Luke, M. T. (2012). *Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados*. Madrid.
- Maisiri, W., Darwish, H., & van Dyk, L. (2019). An investigation of Industry 4.0 skills requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 90-105.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. doi: DOI: 10.1080/00207543.2017.1372647
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.
- Müller, J. M., & Däschle, S. (2018). Business Model Innovation of Industry 4.0 Solution Providers Towards Customer Process Innovation. *Processes*, 6(12), 260. doi: doi:10.3390/pr6120260
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.
- Müller, J. M., Veile, J. W., & Voigt, K.-I. (2020). Prerequisites and incentives for digital information sharing in Industry 4.0—An international comparison across data types. *Computers & Industrial Engineering*, 148, 106733. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106733>
- Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—The case of Hungary. *Sustainability*, 10(10), 3491.
- Nara, E. O. B., da Costa, M. B., Baierle, I. C., Schaefer, J. L., Benitez, G. B., do Santos, L. M. A. L., & Benitez, L. B. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 102-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018>
- Paritala, P. K., Manchikatla, S., & Yarlagadda, P. K. (2017). Digital manufacturing-applications past, current, and future trends. *Procedia Engineering*, 174, 982-991.
- Pereira, A., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.032
- Pisar, P., & Bilkova, D. (2019). Controlling as a tool for SME management with an emphasis on innovations in the context of Industry 4.0. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 14(4), 763-785.
- Ralston, P., & Blackhurst, J. (2020). Industry 4.0 and resilience in the supply chain: a driver of capability enhancement or capability loss? *International Journal of Production Research*, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1736724>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161-166.
- Stentoft, J., Jensen, K. W., Philipsen, K., & Haug, A. (2019). *Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence*. Paper presented at the Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541. doi: doi: 10.1016/j.procir.2016.01.129
- Strange, R., & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*.
- Tortorella, G. L., Vergara, A. M. C., Garza-Reyes, J. A., & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 219, 284-294.

- Wallace, J. C., Little, L. M., Hill, A. D., & Ridge, J. W. (2010). CEO regulatory foci, environmental dynamism, and small firm performance. *Journal of Small Business Management*, 48(4), 580-604.
- Wiklund, J., & Shepherd, D. (2003). Knowledge-based resources, entrepreneurial orientation, and the performance of small and medium-sized businesses. *Strategic Management Journal*, 24(13), 1307-1314.
- Wippel, M. (2021). Development of a Model for the Implementation of Industry 4.0 Technologies in Rolling Stock Maintenance.
- Yang, F., & Gu, S. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 1-15.