



INDUSTRIA 4.0 IMPACTA LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS
INDUSTRY 4.0 IMPACT SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

Xiomara Daniela Velásquez Monroy¹ , **Alexander Eslava Sarmiento** 

¹ Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Colombia., *Email:* xiomara.velasquez@ica.gov.co

² Consultor Portuario, Colombia, *Email:* laeslavas@unal.edu.co

Para citar este artículo: Eslava Sarmiento, A., & Velásquez Monroy, X. D. (2022). Industria 4.0 Impacta las pequeñas y medianas empresas. *Revista Loginn: Investigación Científica Y Tecnológica*, 6(2).
<https://doi.org/10.23850/25907441.4799>

Recibido: 09 de mayo de 2022

Aceptado: 16 de septiembre de 2022

Publicado en línea: Octubre 3 de 2022

..... **Resumen**

Palabras

clave:

Industria 4.0;
Pequeñas y
Medianas
Empresas;
Tecnología
Blockchain;
Modelos de
Negocio;
Cadena de
Suministro
4.0

La Industria 4.0 y sus tecnologías asociadas, como internet industrial de las cosas, big data y análisis de datos, fabricación aditiva o impresión 3D, robótica avanzada, realidad aumentada y virtual, computación en la nube, sistemas físicos cibernéticos, simulación y modelados, ciberseguridad, aprendizaje automatizado e inteligencia artificial y tecnología Blockchain, fábrica inteligente entre otros, están impactando las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME). La adopción de tecnologías de Industria 4.0 y el desarrollo de nuevos modelos de negocio adecuados para facilitar la digitalización de los sistemas y operaciones brindan enormes oportunidades a las PYME. Estas tecnologías avanzadas permiten la integración vertical y horizontal (del proveedor al cliente) de extremo a extremo de la cadena de suministro, en tiempo real, impactando la calidad del servicio. Las PYME acortan su camino hacia el cliente al unirse a plataformas de colaboración digital y al cumplir colectivamente con las necesidades de estos. Para explotar todo el potencial de la Industria 4.0 los nuevos modelos de negocio de las PYME deberán innovar su estrategia en cuanto a la creación de valor, la captura de valor y la oferta de valor para que los beneficios de las nuevas tecnologías no se limiten a aplicaciones únicas.

JEL: D84,
L81, M11

Abstract

.....
Keywords:

Industry 4.0;
Small and
Medium
Businesses;
Blockchain
Technology;
Business
Models;
Supply Chain
4.0

Industry 4.0 and its associated technologies, such as industrial internet of things, big data and data analysis, additive manufacturing or 3D printing, advanced robotics, augmented and virtual reality, cloud computing, physical cybernetic systems, simulation and modelling, cybersecurity, machine learning and artificial intelligence and Blockchain technology, smart factory among others, are impacting Small and Medium Enterprises (SMEs). The adoption of Industry 4.0 technologies and the development of new business models suitable for facilitating the digitization of systems and operations provide enormous opportunities for SMEs. These advanced technologies allow vertical and horizontal integration (from supplier to customer) from end to end of the supply chain, in real time, impacting the quality of service. SMEs shorten their path to customers by joining digital collaboration platforms and collectively meeting customer needs. To exploit the full potential of Industry 4.0, the new business models of SMEs must innovate their strategy in terms of value creation, value capture and value offering so that the benefits of new technologies are not limited to unique apps.

Introducción

La globalización es uno de los desafíos para las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME, en adelante) que imponen nuevas condiciones comerciales para mantenerse al día. Para competir con sus rivales globales, las PYME deben desarrollar nuevas estrategias comerciales basadas en la eficiencia, la flexibilidad y la calidad de sus productos (Knezović y Hamur, 2022); procesos con lo más altos estándares. Sin embargo, el crecimiento a través de la internalización, o el crecimiento en general, requiere la asignación de recursos no solo en activos financieros y físicos, también activos intangibles, como herramientas de tecnología de la información para la gestión de procesos comerciales. El conocimiento tiene una importancia creciente para las empresas, independientemente de su tamaño, en su escala de prioridades estratégicas. Si las PYME encuentran formas de gestionar adecuadamente el conocimiento, les proporcionará capacidades para lograr una ventaja competitiva.

Industria 4.0 representa un cambio radical en las operaciones de las empresas siendo particularmente desafiante para las PYME debido a la necesidad de capital y conocimiento. No obstante, I4.0 y las tecnologías incluidas bajo este concepto prometen mejorar la productividad, la flexibilidad y la competitividad de las PYME (Alicia et al., 2022). Para realizar este cambio de tan largo alcance de manera económicamente sostenible, la implementación de I4.0 idealmente debería complementarse como una modificación en el Modelo de Negocio (MN, en adelante) de la empresa, es decir, la lógica de creación y captura de valor de la empresa. Además, el concepto I4.0 y las tecnologías subyacentes innovan constantemente, lo que requiere de evaluación continua correspondiente de los MN que permitan su implementación y viabilidad sostenida.

Industria 4.0

El término “Industria 4.0” (I4.0, en adelante) se acuñó por primera vez en 2011 para fortalecer la competitividad de la industria alemana y desde entonces se difundió, con algunas adaptaciones, por todo el mundo. En su esencia, I4.0 representa un sinónimo de la Cuarta Revolución Industrial, basada en los Sistemas Físicos Cibernéticos (SFC, en adelante) y el Internet de las Cosas (IoT). Los SFC tienen por objeto asemejar y extender el mundo físico en uno virtual usando y generando datos. Estos datos generados se comparten mediante Internet de las Cosas (IoT, en adelante) interconectando humanos, instalaciones de producción y productos en toda la cadena de valor. Por tanto, I4.0 permite la integración horizontal y vertical en cadenas de valor industriales, en todo el ciclo de vida de los productos y en varios departamentos funcionales.

Por tanto, la I4.0 “describe la creciente digitalización y automatización del entorno de fabricación, así como la creación de cadenas de valor digitales con el objeto de permitir la comunicación entre los productos, su entorno y los socios comerciales” (Song, 2021). Por tanto, la I4.0 describe la creciente digitalización de toda la cadena de suministro, lo que hace posible conectar actores, objetos y sistemas basados en el intercambio de datos en tiempo real. Como resultado de esta interconexión, los productos, máquinas y procesos con inteligencia artificial podrán adaptarse a los factores ambientales cambiantes.

El enfoque tradicional define la digitalización como “el uso de la tecnología informática y de Internet para un proceso de creación de valor económico más eficiente y eficaz”. Por tanto, la I4.0 integra los sistemas de producción tanto horizontalmente (del proveedor al cliente) como verticalmente (desde el taller hasta el nivel gerencial) en función del intercambio de datos en tiempo real para una

fabricación flexible personalizada. Dichos sistemas de producción pueden unir instalaciones de fabricación, máquinas inteligentes y sistemas de almacenamiento denominados sistemas de producción físico-cibernéticos, lo que lleva al concepto de fabricación inteligente y fábricas inteligentes.

I4.0 puede integrar el negocio y la fabricación con los proveedores y clientes de la empresa con la ayuda del Internet de las Cosas (IoT, en adelante) y los Sistemas Ciberfísicos (SC, en adelante). IoT y SC sirven como componentes básicos descentralizados que brindan control y conectividad y, comparten información sofisticada en tiempo real para identificar, ubicar, rastrear, monitorear y optimizar cualquier proceso de producción. Los componentes integrales de la I4.0 son los SC. Estos sistemas sirven como puente entre los componentes digitales y físicos de la industria con la ayuda de la tecnología de Internet (Marco et al., 2022). Estos sistemas comprenden software integrado y capacidades de comunicación que proporcionan sistemas de control inteligente que pueden conectarse en una red de sistemas similares.

Los SC incorporan sensores, controladores y actuadores (elemento que recibe la señal del controlador y actúa sobre la variable controlada) habilitados para mecatrónica avanzada y adaptónica (ciencia que posibilita que los materiales se adapten a las circunstancias del entorno) y que pueden identificarse de manera única con una dirección de Protocolo de Internet (IP). Estos sistemas SC permiten la construcción de fábricas inteligentes, logística inteligente y otras aplicaciones inteligentes, cadenas de suministro inteligentes.

En consecuencia, I4.0 puede definirse como “un término colectivo para tecnologías y conceptos de organización de la cadena de valor. Además, la distinción entre industria y servicios pierde relevancia a medida que las tecnologías digitales se conectan con productos y servicios industriales formando productos híbridos que no son exclusivamente bienes ni servicios. Sin embargo, la transformación digital, o digitalización, va más allá de la mejora de productos y procesos, para afectar los MN, los aspectos organizativos y de gestión y los procesos completos de la cadena de suministro, creando desafíos importantes para las empresas (Orzes et al., 2018; Orzes et al., 2020). En otras palabras, los servicios digitales y la digitalización en sí misma no solo afectan los productos físicos, sino también la naturaleza del negocio y la estructura y estrategia organizacional

Por tanto, las principales características de la I4.0 están relacionadas con la integración, la operatividad en tiempo real, la flexibilidad, la servitización, la orientación al cliente y la especialización que facilitan la conexión y comunicación entre humanos y máquinas a través de la IoT y los SC: objetos y procesos reales (físicos) interconectados a través de redes globales de información (virtuales). Como resultado, los productos se personalizan, los procesos se conectan en red y las barreras de conocimiento se reducen entre usuarios. La fábrica inteligente tiene en cuenta la posición y el estado de un producto dentro del proceso y ayuda a las máquinas y a las personas a realizar sus tareas. En consecuencia, I4.0 (Geuna et al., 2021) surge de sus tecnologías elementales, que sientan las bases para la integración de máquinas inteligentes, seres humanos, objetos físicos, líneas de producción y procesos para formar un nuevo tipo de cadena de valor a través de las fronteras organizacionales.

Como resultado de la amplitud descrita del concepto y su rápido desarrollo, existe una gama cada vez mayor y en constante cambio de tecnologías que forman la totalidad de la I4.0:

Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Es un sistema eficiente con el propósito de mejorar la utilización efectiva de los sistemas físicos cibernéticos, dispositivos inteligentes y Tecnología de la Información (TI) con el objeto de tomar decisiones inteligentes a través de la computación en la nube,

y la interacción hombre-máquina para un trabajo altamente efectivo. En consecuencia, integra la TI en la cadena de valor industrial, las operaciones y el trabajo, conectando el mundo digitalmente (Nabiyeva et al., 2021). La revolución en el IIoT ha hecho que las plantas, los productos y los sistemas estén muy interconectados. Es una combinación excepcional de TI y tecnología operativa (TO) en entornos industriales que forman la base de procesos transparentes, eficientes que funcionan con un mayor grado de atomización y precisión. Son procesos, tecnologías y personas, generando datos y actuando en el medio interno y externo a través de esta red. En consecuencia, se refiere a objetos físicos conectados a través de Internet.

Estos objetos tienen su propia inteligencia, pueden recopilar información, interactuar con el entorno circundante, conectarse entre sí, intercambian datos en tiempo real y desencadenan acciones a través de Internet. Por lo tanto, IIoT conecta plantas, productos, sistemas y personas en cualquier momento, en cualquier lugar, en cualquier red y cualquier servicio (Saghiri et al., 2020). IIoT brinda nuevas perspectivas de sostenibilidad, mayor eficiencia, más flexibilidad y adaptabilidad, también requiere de fuerza laboral capacitada, seguridad de datos y de negocios en expansión. Adaptabilidad, en este caso, significa la capacidad de un sistema logístico para adaptarse a nuevas circunstancias siendo prescindible y variable. La flexibilidad significa la capacidad de reaccionar a los cambios dentro de un alcance predeterminado de requisitos en tiempo y costo de manera efectiva en los sistemas y redes de creación de valor. Desde la perspectiva económica, las instalaciones de IIoT mejoran la conectividad de los negocios, reducen los costos y crean una mejor calidad de servicio y productos, esto en conjunto para la PYME, conduce a una mayor satisfacción del cliente (Yu y Schweisfurth, 2020).

Sistemas Ciberfísicos (SC). Son sistemas, que vinculan directamente objetos y procesos reales (físicos) y (virtuales) a través de redes de información abiertas, parcialmente globales y siempre interconectadas. Expresan la interconexión entre entornos físicos y virtuales. Los SCF integran, controlan y coordinan operaciones y procesos al mismo tiempo que proporcionan y utilizan servicios de acceso y procesamiento de datos. La integración de SCF dentro de la producción, la logística y los servicios permite una conexión en todos los niveles de producción entre elementos autónomos y cooperativos en toda la cadena de suministro. De esta forma, los datos son integrados y puestos a disposición de quien esté interesado y se permita su conocimiento. Además de esto (Mörth et al., 2020; Rojas et al., 2020), dicha tecnología puede mejorar la gestión industrial, ya que actúa controlando los procesos, tiene una evaluación de los datos reales y fructifica a medida que opera.

Fabricación Aditiva (3D). Se refiere a un conjunto de tecnologías que fomentan la creación de varios productos a través de la combinación de materiales capa por capa (fabricación aditiva), que tiene a las impresoras 3D como los facilitadores más expresivos de este escenario. De esta forma, esta tecnología potencia la producción de pequeños lotes de productos personalizables que ofrecen gran nivel de complejidad, incluso operando en un entorno de producción en masa (Adekunle et al., 2022).

Esta tendencia está fuertemente presente en el prototipado rápido de productos, brindando evaluación de un modelo representativo, potenciando la búsqueda de fallas de diseño y facilitando el descubrimiento de errores estructurales antes de enviar el producto real a las líneas de ensamblaje. En cuanto a la generación de productos, este proceso puede acortar algunas fases de producción y mejorar la economía de las materias primas, lo que acontece durante la producción de un diseño complejo de un artículo.

Tecnologías de Visualización. La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que interactúa con el entorno del mundo real para producir imágenes aumentadas del entorno utilizando información perceptual generada por computadora. La RA y la Realidad Virtual (RV), mejoran la percepción del mundo físico a través de elementos visuales. Las herramientas visuales proporcionan una representación virtual de sistemas completos (de producción) y sus interacciones dentro de la cadena de suministro. Esto permite una transformación de cómo las empresas atienden a los clientes, capacitan a los empleados, diseñan y crean productos. Conceptualmente, la RV tiene como objetivo insertar a sus usuarios en entornos virtuales, mientras que la RA se enfoca en insertar objetos virtuales en entornos reales.

Estas tecnologías permiten la formación de personal más especializado, así como fomentar técnicas de diseño interactivo de productos, mantenimiento de equipos, toma de decisiones y control de seguridad. Por ejemplo, es posible poner a disposición un producto virtual a gran escala durante la etapa de diseño, de manera que los desarrolladores puedan interactuar con él y realizar cambios en el modelo virtual sin crear prototipos en el mundo físico. La RA enriquece los productos y el entorno de las PYME ya que conduce a una mejor experiencia del consumidor (Manuela y Dorota 2022). Algunas PYME utilizan tecnología RA para vestidores virtuales, donde los consumidores pueden probar los productos; le da al consumidor la capacidad de probar virtualmente cualquier producto y sentir el aspecto antes de comprarlo.

Computación en la Nube (CN). La computación en la nube se define como un modelo capaz de proporcionar recursos computacionales bajo demanda, que pueden asignarse y liberarse dinámicamente con la mínima administración o interacción con el proveedor de la nube. Esto hace que cada procesamiento computacional, intercambio y almacenamiento sea un servicio (Dallasega et al., 2020). A través de la automatización de los sistemas en la nube, es posible administrar los centros de datos en la nube de manera que compartan “piezas” de sí mismos en forma de máquinas virtuales y redes para el consumidor de la nube. Incluye almacenamiento de datos, servidores, bases de datos, redes y software que permiten el acceso remoto a la información en un espacio virtual. Esta nube puede conectar diferentes entidades, lo que se refleja en sus cuatro principales tipos de acceso: público; privado dentro de la misma (meta-)organización; híbrido, si se combinan nubes públicas y privadas; y comunidad, compartida por múltiples organizaciones y respaldada por intereses y preocupaciones comunes.

La fabricación en la nube tiene como objeto aplicar la computación en la nube y sus características en los sistemas de fabricación industrial, por lo que se pueden destacar tres áreas potenciales en las que se puede aplicar la tecnología de la nube dentro de este entorno, que es la recopilación y el análisis de datos, la colaboración entre las fábricas que actúan bajo el mismo ámbito, e informática y simulación. En cuanto a la colaboración entre industrias, la tecnología la CN puede viabilizar servicios optimizados vinculados a la cadena de suministro y logística, a través de la aplicación de Acuerdos de Nivel de Servicio para negociar contratos entre proveedores y prestadores de servicios. Por tanto, la CN ayuda a automatizar, integrar y facilitar la gestión y administración de recursos y sistemas de servidores basados en clientes

Ciberseguridad. Tiene como objetivo proteger la información privada aplicada al hardware y software para evitar el mal uso de datos y dispositivos. Lo anterior, ya que muchas empresas aún dudan en poner sus datos empresariales en línea al no confiar en los sistemas cibernéticos existentes. Las PYME utilizan las tecnologías básicas disponibles en el mercado (firewall, antivirus, red privada virtual, etc.) para proteger sus negocios de ciberataques. El hecho de que los sistemas cibernéticos sean

pirateables y permitan el uso indebido de información crítica los tiene en desventaja, aun confiando en los sistemas de gestión de producción desconectados y cerrados (Jahankhani et al., 2022). La ciberseguridad se basa en proteger, detectar y responder a los ataques. Se ha vuelto esencial ya que los entornos virtuales, el acceso remoto y los datos almacenados en los sistemas en la nube representan vulnerabilidades cada vez mayores. La ciberseguridad aumenta la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad junto con la privacidad de la información de la PYME

Simulación y Modelado. Conceptualmente, la simulación es una técnica que utiliza un proceso de modelado computacional para crear una representación de partes o de un proceso completo. A través de este concepto, es posible analizar previamente todas las etapas de un determinado procedimiento, facilitando la identificación de fallas potenciales, además de ayudar a prevenir puntos muertos y fomentar la búsqueda de solución antes de que un producto llegue a la fase de producción. Teniendo en cuenta la gran complejidad de los sistemas actuales, la simulación también ayuda en el mantenimiento preventivo, proporcionando varias situaciones a escenarios hipotéticos, anticipando la solución, analizando procesos y tratando las interrogaciones que pueden surgir durante el proceso de modelado. El software de simulación sirve como gemelo digital del mundo físico de las máquinas, lo que permite probarlas virtualmente y optimizar el proceso para aumentar la calidad (Schiffer et al., 2019). Por tanto, facilita la validación de productos, procesos o diseño y configuración de sistemas. Además, permiten la reducción de costos y una mayor calidad del producto, al tiempo que reducen el tiempo de desarrollo, los errores de diseño e ingeniería y los desperdicios.

Aprendizaje Automatizado (AA) e Inteligencia Artificial (IA). Se refiere a la simulación de la inteligencia humana en máquinas que imitan el pensamiento y las acciones humanas. El AA es, de hecho, un subcampo de IA que expresa la idea de que un programa de computadora puede aprender y adaptarse en función de los datos sin interferencia humana; busca imitar la inteligencia humana. Utiliza un método estadístico, que ayuda a extraer patrones de conjuntos de datos para crear algoritmos, permitiendo que las máquinas mejoren con las experiencias. En lugar de instrucciones codificadas a mano para una tarea específica, una máquina se entrena con grandes cantidades de datos, lo que le da a la máquina la capacidad de aprender de dichos datos y realizar tareas específicas. Las tecnologías basadas en IA, como las soluciones predictivas, basadas en el modelo de propensión, ayudan a predecir los requisitos de los clientes o los clientes potenciales. Se está utilizando para brindar soluciones personalizadas a los clientes, brindándoles opciones más relevantes y, en última instancia, mayores ventas.

Las PYME en línea están utilizando la tecnología de IA para procesar la prodigiosa cantidad de datos en tiempo real con el propósito de obtener soluciones más precisas y altamente personalizadas para los clientes (Matt, y Rauch, 2020). Esta hiperpersonalización se basa en el comportamiento predictivo del individuo que utiliza la tecnología de AA. Las operaciones logísticas de almacenamiento están viendo una aplicación cada vez mayor de tecnologías portátiles, como gafas de realidad aumentada RA, al permitir a los humanos acceder a información digital a través de una capa de información ubicada en la parte superior del mundo físico. Las operaciones de recolección, clasificación y carga en el almacén no requieren un alto nivel de inteligencia. Por tanto, la organización no necesita contratar empleados altamente calificados para las operaciones de recolección y carga; los empleados calificados se pueden desplegar en diferentes partes de las operaciones logísticas, lo que requiere más habilidades analíticas y de resolución de problemas.

Robótica Avanzada. Como los robots autónomos y colaborativos, interactúan entre sí y pueden laborar de manera segura con humanos en el mismo espacio de trabajo. El trabajo sin intervención

humana consiste principalmente en el uso de robots colaborativos durante el proceso de producción. También hay soluciones donde los robots están involucrados en tareas de investigación y desarrollo o equipado con una cámara, en sustitución del ojo humano. Los sistemas de autoaprendizaje reducen la dependencia del trabajo humano al aprender tareas complejas, afectando significativamente el futuro de la producción. Este factor también implica el movimiento de componentes y productos al lugar correcto en el proceso de fabricación sin intervención humana.

Big Data. Describe la adquisición de conjuntos de datos grandes y complejos de diferentes fuentes y en diferentes momentos. Incluye la recopilación, el almacenamiento, el intercambio de datos y su análisis y evaluación. Big Data se puede definir como grandes volúmenes de datos variables, complejos y de alta velocidad que requieren técnicas y tecnologías avanzadas para permitir la captura, el almacenamiento, la distribución, la gestión y el análisis de la información. Esto permite, entre otras ventajas, el mantenimiento predictivo y la toma de decisiones en tiempo real. El análisis de Big Data ha evolucionado como una de las herramientas más confiables y poderosas para resolver problemas de la cadena de valor. Con las capacidades tecnológicas avanzadas existentes, una PYME con sistemas de software para manejar grandes volúmenes de datos puede desarrollar modelos de negocios innovadores basados en los recursos de datos.

El tratamiento de estos datos permitirá a las PYME aumentar la personalización de los productos y crear programas de clientes específicos (Maksaev et al., 2021). Sin embargo, es importante extraer y procesar solo los datos que son realmente útiles. El procesamiento de datos requiere una fuerza laboral altamente calificada con capacidades estadísticas y analíticas avanzadas. La información obtenida podría ayudar a optimizar los procesos de producción de varias maneras. El procesamiento digital de datos puede reducir el porcentaje de desechos y las tasas de error. Los pronósticos de producción pueden ser utilizados para crear un plan de producción óptimo, aumentando la rentabilidad y satisfacción del consumidor.

Fabrica Inteligente. La fabricación inteligente tiene como objetivo impulsar la capacidad de innovación de productos, obtener una respuesta rápida del mercado, mejorar los procesos de producción automáticos, inteligentes, versátiles y extremadamente eficientes. Permite a las empresas hacer frente a la complejidad y las interrupciones inesperadas, así como a fabricar productos de manera más eficiente. En una Fábrica Inteligente, personas, máquinas y recursos se comunican entre sí con tanta naturalidad como en una red social (Prause, 2019; Vidsav et al., 2021). La integración de varios sistemas informáticos utilizados en las diferentes etapas de la fabricación y procesos de planificación empresarial implican un intercambio de materiales, energía e información tanto dentro de una empresa (logística de entrada, producción, logística de salida) entre varias empresas diferentes (redes de valor). La integración digital de extremo a extremo implica una capacidad en tiempo real, consistente, cuando sea necesario, el flujo bidireccional de datos e información entre todos los involucrados (sistema tecnológico heterárquico estructurado) asegurando la planificación, control y ejecución de los procesos logísticos de producción.

«e-factory» es otro término relacionado con el proceso de fabricación de la Cuarta Revolución Industrial, y esto implica el uso de la digitalización para el mismo. Como la propia palabra sugiere, el proceso de fabricación electrónica habla de la optimización de la productividad y la conservación de energía con la ayuda de Internet. A medida que se digitalizan las fábricas, se vuelven más visibles, las cosas son más medibles y se administran fácilmente. A medida que las fábricas recopilan más y más datos (generados por máquinas y recopilados por sensores), las fábricas se volverán más inteligentes en la toma de decisiones, lo que generará nuevas oportunidades en las áreas de fabricación. En

consecuencia, la introducción de la inteligencia artificial en la fabricación permite que los sistemas de fabricación se vuelvan autoconscientes, autocomparativos, autopredictivos, autooptimizantes y, por lo tanto, más eficientes a medida que avanzan.

Tecnología Blockchain. Se basa en la descentralización del almacenamiento de datos para evitar que un actor central posea, controle o manipule dichos datos, lo que permite la inmutabilidad e integridad de los datos en varios nodos distribuidos que están vinculados en una red de igual a igual (Panwar y Bhatnagar 2020). Se espera que cambie la forma en que se conciben la propiedad, la privacidad, la incertidumbre y la colaboración en el mundo digital.

En general, nuevos métodos, tecnologías y servicios están impactando las PYME a medida que aumenta la complejidad en las redes logísticas y en las cadenas de suministro. Muchos desafíos y oportunidades para las PYME surgen como resultado del comportamiento del consumidor actual y de la I4.0. Por tanto, el cambio de la PYME tradicional a la PYME 4.0 es inevitable. La I4.0 transformará y mejorará la logística y la cadena de suministro tradicional y su autopercepción, impactando las PYME tradicionales. La PYME 4.0 será un sistema complejo compuesto por variadas tecnologías emergentes que estarán conectadas y comunicadas entre sí, esto, con el propósito de satisfacer las necesidades de los ciber-clientes.

Modelos de negocio

Un Modelo de Negocio (MN, en adelante) es la lógica básica de una empresa u organización que describe qué beneficios se brindan a los clientes y socios y cómo los beneficios brindados regresan a la empresa en forma de ingresos. El MN consiste en un conjunto de actividades organizacionales interdependientes a través de las cuales se unen los recursos humanos, físicos y/o de capital para lograr las metas de la empresa u organización. Un MN revela cómo una empresa crea, entrega y captura valor. Proporciona un marco de costos, pagos e ingresos junto con las estrategias de la empresa, que van desde los productos o servicios que ofrece hasta cómo se diferencia de la competencia y cómo se integra con sus socios en la cadena de valor. Como resultado, un buen MN produce propuestas de valor que son convincentes para los clientes, logra estructuras de costo y riesgo ventajosas y permite una captura de valor significativo por parte del negocio que genera y entrega productos y servicios.

A pesar de las ventajas de un MN bien diseñado, el desarrollo y la innovación de un MN requiere de experiencia y recursos sustanciales, lo que hace que las PYME tengan o se le presenten dificultades con este tipo de tareas. Esto también se debe a la interrelación de los diversos elementos del MN; se ha sabido que los cambios en el MN pueden causar desviaciones en la misión de última instancia, dando como resultado una acción inconsistente de la empresa con su misión declarada originalmente. En efecto, se ha encontrado que el MN debe estar estrechamente alineado con la orientación de la empresa hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental. Además, los cambios en el MN pueden afectar gravemente las percepciones de los clientes como la confianza, la lealtad y el valor de la marca.

I4.0 significa un cambio disruptivo en los MN. La integración de la I4.0 es, a menudo, un esfuerzo intensivo en capital donde los beneficios a largo plazo justifican los altos costos iniciales, la capacitación y otras inversiones de tiempo a corto plazo (Anes et al., 2022). Los medios tradicionales de crear valor para los clientes están cambiando bajo I4.0. Hay un énfasis cada vez mayor en la cocreación de valor con en la PYME a medida que avanzamos hacia los ecosistemas digitales. A medida que las organizaciones abordan la Industria 4.0, construyen una ventaja competitiva a través de mejores y nuevos medios de creación de valor. A medida que las tecnologías de I4.0 brindan

visibilidad adicional a nivel de proceso, los flujos de valor individuales y colectivos necesitan más enfoque para que las PYME creen una ventaja competitiva a largo plazo en su MN.

Pequeñas y medianas empresas

Aunque no existe una definición acordada a nivel mundial, las empresas que emplean a menos de 250 empleados se consideran PYME. Estas empresas se contemplan la columna vertebral de la mayoría de las economías y su supervivencia es vital para una economía saludable; son la fuerza motriz de muchas economías manufactureras y como columna vertebral de la industria manufacturera, el impacto de las PYME en la Cuarta Revolución Industrial es significativo. Las PYME (Durst et al., 2022) deben fortalecerse para superar los desafíos económicos que las rodean, ya que juegan un papel importante en el escenario económico y tienden a tener problemas con la implementación de las innovaciones I4.0 y en el MN, lo que se traduce en un acceso insuficiente al conocimiento externo y estrategias de innovación poco claras, que limitan la capacidad de las PYME en esfuerzos para hacer mejoras incrementales.

La mayoría de las PYME son de propiedad familiar (Boers y Henschel 2022; Koppel y Tšernikova 2022), y, a menudo, el propietario también es el gerente. Esto puede representar una ventaja en términos de flexibilidad y disposición para reaccionar a los cambios debido a una organización plana y clara. De hecho, al estar asentadas en torno a relaciones laborales más informales, las comunicaciones entre directivos y empleados son más rápidas y directas. Esto permite compartir nuevos conceptos o ideas innovadoras de manera más eficiente en toda la empresa y lograr un compromiso más profundo de los empleados. Además, la fortaleza de las PYME es crear valor para la empresa, lo que se traduce en invertir en investigación y desarrollo, capacitación de los empleados y aprendizaje permanente, con el riesgo de tener un déficit de oportunidades de creación de redes interdisciplinarias (nacionales/internacionales). Como resultado, no son capaces de actualizarse con la investigación en curso y/o de vanguardia, y carecen de alianzas con universidades e institutos de investigación, a veces se limitan con prender de su propia experiencia debido a la falta de acceso al conocimiento (Rauch et al., 2020a). El conocimiento y la sabiduría de las PYME a menudo se centran en un dominio específico, mientras que en el caso de las grandes empresas se distribuye en diferentes áreas.

Sin embargo, las limitadas posibilidades financieras de las PYME, en comparación con las grandes empresas, pueden impedirles contar con trabajadores calificados y los recursos económicos necesarios para invertir de manera rentable en nuevas tecnologías, al menos en una etapa inicial. De hecho, a pesar de capacitar a un gran porcentaje de aprendices, les resulta difícil contar con personal calificado cuando se trata de tecnologías I4.0 específicas.

Tecnología Blockchain

La tecnología Blockchain o Cadena de Bloques es simplemente una estructura lineal de datos que contiene bloques de datos encadenados. Estos bloques comprenden transacciones entre pares. Para realizar una transacción de valor, los pares necesitan un par de claves criptográficas para autorizar transacciones. Una de estas claves se llama clave pública, la otra es clave privada. La clave pública actúa como una cuenta bancaria donde se dirige la transacción de valor. La clave privada es una contraseña o una firma para autorizar la transacción. La combinación de ambas claves crea una identidad digital segura. Cuando se pretende realizar una transacción de un activo digital de [A] a [B], se crea un nuevo valor «hash» (operación criptográfica que genera identificadores únicos e irrepetibles

(Barde, 2021; Prasad y Rohokale 2020). a partir de una información dada utilizando el «hash» de la transacción anterior y la clave pública de la cuenta de destino (clave pública de [B]). El nuevo valor «hash» está firmado por la clave privada de [A]. Estas transacciones no validadas agregadas dentro de un bloque de datos por nodos de Blockchain que realizan transacciones de validación, crean nuevos bloques y manteniendo los registros de las transacciones.

La marca de tiempo es otro componente del bloque que se forma con el valor «hash» del bloque anterior y un «nonce» que es un número aleatorio verifica el «hash». Para agregarse a la cadena de bloques, el bloque que contiene transacciones válidas debe vincularse con el bloque anterior (Singh, 2020). Para hacer esto, los nodos, usando su poder computacional, adivinan el «nonce» (número aleatorio) correcto que se combina con el «hash» del bloque anterior y el «hash» de las transacciones del nuevo bloque para generar un resultado definido. El primer nodo que predice un proceso matemáticamente desafiante agrega el nuevo bloque en la cadena y lo transmite a los otros nodos. Este proceso se repite para cada bloque siguiente y genera bloques de datos seguros encadenados llamados Blockchain.

Una vez que los datos de una transacción se colocan en la cadena de bloques, no es fácil modificarlos. Para realizar esta modificación, un atacante debe cambiar las transacciones no solo en el último bloque sino también en bloques anteriores que están vinculados entre sí con valores «hash». Este tipo de ataque necesita una gran potencia computacional. Es extremadamente difícil calcular todos los bloques de datos debido a la enorme cantidad de intentos aleatorios necesarios para crear nuevos bloques y colocarlos en la cadena de bloques. Sin embargo, existe un riesgo llamado: ataque del 51 % que puede poner en peligro la integridad de la cadena de bloques (Prathibha et al., 2021). De acuerdo con este riesgo hipotético, si un atacante controla más del 50% del poder computacional «hashing» de la red Blockchain, tiene la posibilidad de resolver un bloque antes de que lo hagan el resto de los nodos. En el caso de este escenario la probabilidad de resolver otros bloques seguidos se reduce para el atacante porque otros nodos “honestos” continúan minando transacciones. Cualquier modificación en el bloque no es posible; solo se permite agregar bloques modificados a la cadena. Estos bloques tienen una marca de tiempo para que el historial de los datos se pueda rastrear fácilmente.

La tecnología Blockchain no solo se limita a la transacción de valor simple de [A] a [B], también proporciona una plataforma que permite la transacción de valor en el cumplimiento de otras condiciones arbitrarias. Esta innovación se mantiene al agregar una nueva capa de Blockchain y se llama: Contratos Inteligentes (CI, en adelante). Los CI permiten codificar condiciones predeterminadas «scripts» para transacciones de valor entre dos o más partes. El código dicta cómo se llevará a cabo el proceso. Los CI tienen en común el hecho de que utilizan protocolos y compromisos establecidos, que ninguna de las partes involucradas puede manipular o cambiar los parámetros financieros y operativos acordados. Debido a que el código se coloca en Blockchain; no puede ser alterado por nadie. Para la ejecución autónoma de la transacción, todas las partes deben cumplir con sus responsabilidades predeterminadas. De lo contrario, la transacción de valor nunca ocurre.

Esta nueva versión de Blockchain facilita la gestión de procesos comerciales para las PYME al eliminar a un tercero de confianza (Chabani et al., 2021). Junto con esto, sus transacciones se vuelven más rápidas, más baratas, más eficientes e incorruptibles. Los CI ayudan a realizar seguimiento de las interacciones entre máquinas, facilitando la trazabilidad de los procesos y los activos, lo que permite un registro completo del proceso de producción. Esta trazabilidad facilita la identificación de productos defectuosos mediante el análisis de toda la cadena productiva a partir del historial de interacciones entre máquinas.

El conocimiento tiene una importancia creciente para las empresas, independientemente de su tamaño, y en su escala de prioridades estratégicas. Si las PYME encuentran formas de gestionar adecuadamente el conocimiento, el mismo les proporcionará capacidades para lograr ventaja competitiva (Giovanni y Giovanni, 2021; Ravinder et al., 2020). La gestión del conocimiento incluye muchos procesos y estructuras dentro de las organizaciones. La adopción de nuevas tecnologías innovadoras es uno de los elementos clave de la gestión efectiva del conocimiento. La tecnología Blockchain es una de las innovaciones de los últimos años que se considera con la capacidad de resolver muchos problemas tradicionales relacionados con las PYME la tendencia a depender de métodos no estructurados a corto plazo para el aprendizaje organizacional socava una evaluación exhaustiva de la idoneidad de la tecnología Blockchain para esta categoría de empresas.

En comparación con las empresas más grandes, las PYME suelen sufrir limitaciones de recursos. Esto significa que las PYME deben tener más cuidado al usar sus recursos porque revertir el desperdicio de recursos podría no ser más fácil que en las empresas más grandes. Por tanto, para tolerar las limitaciones de recursos, las PYME deben reducir sus costos operativos al competir con sus rivales más grandes. Una de las soluciones que Blockchain brinda a las PYME es que elimina los intermediarios en las transacciones de valor. Para las PYME, este intermediario puede ser un banco, un corredor o un intermediario que garantice el valor de la transacción entre las PYME y su contraparte comercial (Baitursunov y Gusov, 2021). Confiar en un intermediario inevitablemente aumenta los costos de transacción debido a las tarifas que cobra el intermediario o el margen que agrega. Mediante el uso de Blockchain, las PYME pueden reducir sus costos de transacción y pueden competir con empresas más grandes en ausencia de intermediarios.

Sin embargo, eliminar el intermediario puede no ser la solución ideal para las PYME (Pech y Vrchota, 2020). En determinadas circunstancias, es posible que se necesite una parte de confianza entre dos socios comerciales para regular su interacción. El intermediario en este sentido juega el papel de resolver posibles conflictos entre empresas, y su ausencia puede resultarles muy costosa. En consecuencia, para decidir sobre la idoneidad de la cadena de bloques, los responsables de la toma de decisiones en las PYME deben calcular tanto el costo de un intermediario para la empresa como el costo de adoptar la tecnología de la cadena de bloques (Julian et al., 2021).

Si el papel del intermediario es más costoso que invertir en tecnología Blockchain, la transferencia y la utilización de conocimientos en Blockchain serán mucho más rentables para ellos. De lo contrario, continuar con los métodos tradicionales será una solución muy conveniente para las PYME. Otro punto importante sobre la eliminación del intermediario es que todas las partes que utilizan Blockchain deben usar esta tecnología de manera eficiente. Si las contrapartes de las PYME no saben qué es la cadena de bloques, eliminar a un intermediario no tendrá sentido para sus transacciones comerciales. Traerá otros problemas entre ellos que aumentarán el costo de sus transacciones comerciales y eliminarán la confianza entre ellos.

La internalización es uno de los retos de las PYME para incrementar su participación en los mercados globales (Ingaldi y Ulewicz, 2020). Necesitan recursos adicionales y relaciones de confianza para implementar con éxito sus estrategias de internalización. La preocupación por la pérdida de recursos hace que las PYME duden en hacer negocios con actores que no tienen un historial comercial disponible y creíble. Esta vacilación puede impedir la ejecución de un negocio potencialmente rentable para las PYME y, a su vez, puede significar la pérdida de esta oportunidad de negocio para las empresas más grandes que pueden tolerar este riesgo fácilmente en comparación con las PYME. En este sentido,

los CI brindan una oportunidad para que las PYME hagan negocios con terceros que no son de su confianza. Crea una plataforma donde los compañeros no necesitan confiar unos en otros. Pueden realizar transacciones de valor seguro incluso si no tienen un registro comercial anterior.

Las PYME que utilizan CI pueden establecer condiciones arbitrarias para ejecutar operaciones comerciales y, siempre que los pares cumplan con las condiciones predeterminadas, estos contratos ejecutan transacciones de valor de forma autónoma (Davelis et al., 2022). Por ejemplo, mientras que la empresa [A] envía su producto a [B], el dinero de [B] se mantiene en custodia de Blockchain y se libera con la condición de entrega segura a la empresa [B]. Cuando [B] confirma la entrega segura, el dinero en custodia puede ser transferido por empresa A. En vista de esta simple transacción, ni [A] ni [B] tienen que conocerse. Solo tienen que cumplir con las condiciones que acordaron previamente. El CI ejecutará de forma autónoma el contrato en nombre de las partes comerciales.

Para las PYME que buscan formas de internalizar su negocio pero que dudan en enviar sus productos a clientes en los que no confían, los CI pueden ser una solución adecuada para mejorar sus oportunidades comerciales. Sin embargo, si las partes en la transacción comercial respectiva no tienen un problema de confianza y tienen intereses alineados, la adopción de Blockchain podría no ser necesaria para las PYME. Sería prudente no escatimar sus recursos limitados para la adopción de la cadena de bloques.

Los libros de contabilidad de Blockchain están compuestos por códigos digitales. Como se indicó anteriormente, mediante el uso de funciones «hash», los activos digitales se representan en Blockchain con códigos «hash» únicos. Esto facilita que las contrapartes comerciales sigan su proceso comercial al rastrear los códigos. La principal preocupación a este respecto es que estos códigos digitales no deben representar los activos que pueden cambiar de forma. Por ejemplo, si una PYME hace negocios con jugo de naranja, Blockchain le permite seguir la cadena de suministro desde la recolección de naranjas hasta el regreso a un jugo. Debido a que las naranjas se convierten en jugo, su cantidad se transforma de naranjas contables a líquido. Esta transformación no puede representarse como un activo digital en Blockchain porque ya no tienen la misma forma. Por tanto, los datos de entrada y salida serán incompatibles en el libro mayor de Blockchain. El motivo de cualquier fuga no puede explicarse mirando los códigos digitales, ya sea que la reducción sea la causa de las naranjas robadas o el desperdicio mientras se exprimen estas. Si una PYME tiene como objetivo rastrear un determinado activo que se puede representar digitalmente, Blockchain satisfará sus necesidades (Reimers et al., 2021); de lo contrario, debe buscar otra opción que pueda responder a sus consultas.

Si las cadenas de bloques se utilizan para la documentación en línea, no son sistemas flexibles para tolerar el error humano. Los datos registrados en blockchain son inalterables. Cuando se realiza una transacción entre pares y es validada por nodos, no hay forma de alterar estos registros en la cadena de bloques. En este sentido, los pares deben estar seguros de la exactitud de los datos cuando confirman la transacción. Este problema puede no ser la solución ideal para las PYME que pueden buscar bases de datos flexibles y modificables, porque las PYME tienen procesos comerciales menos formales que las empresas más grandes (Hussein y José, 2022; Riccardo et al., 2021). Las PYME son más propensas a cometer errores en la gestión de sus datos. Por lo tanto, si las PYME buscan un sistema de registro de datos inalterable, Blockchain será una solución adecuada para sus necesidades; de lo contrario, deben abstenerse de invertir en Blockchain. La principal ventaja de Blockchain es que elimina la dependencia de los pares de una autoridad central. Su naturaleza descentralizada aumenta la importancia del efecto de red. Los beneficios potenciales de Blockchain aumentan a medida que aumenta el tamaño de la red. Así, se vuelve más fuerte a los ataques externos a medida que crece.

Para las PYME que deseen aprovechar todos los beneficios de la cadena de bloques, deben tener o ser parte de una red robusta y grande que distribuya una red de nodos (Kumar et al., 2020). Si un pequeño grupo de empresas tiene como objetivo utilizar Blockchain, son más vulnerables a los ataques externos debido a que su poder computacional puede ser superado por los delincuentes externos. Por tanto, antes de invertir en Blockchain, las PYME deben considerar si la capacidad de su red será suficiente para penetrar los nodos distribuidos. Si están lo suficientemente seguros, deberían iniciar una red de cadena de bloques o ingresar a una red de cadena de bloques administrada por un gran jugador.

La cadena de bloques también puede proporcionar un depósito compartido. Los libros mayores compartidos tienen dos beneficios para las empresas comerciales que desean usarlos. En primer lugar, brindan transparencia para los accionistas que no son de confianza y ninguna de estas partes pueden alterar los datos. En segundo lugar, cada nodo conserva una copia del libro mayor, del que se realiza una copia de seguridad en caso de que se produzca un bloqueo a sus herramientas de almacenamiento de datos. En caso de existir alguna duda sobre la precisión de los registros de las transacciones, Blockchain proporciona a las PYME sistemas de registro de datos sincronizados. Cualquier conflicto en los registros se puede resolver examinando el libro mayor compartido. Por tanto, si las PYME necesitan un repositorio transparente, sincronizado y compartido, Blockchain responderá a sus necesidades.

Por otro lado, los libros de contabilidad transparentes y sincronizados conllevan el riesgo de revelar toda la información privada de las transacciones a la red de la cadena de bloques. Todos los nodos de la cadena de bloques pueden ver quién está haciendo negocios con quién y cuáles son sus márgenes de precios. Esto podría ser un arma de doble filo para las PYME. Puede mejorar la competencia entre las PYME y las empresas que compran productos con precios más altos buscan otras empresas que ofrecen los productos a precios más razonables (Genest y Gamache, 2020). O puede poner en peligro la relación comercial entre los actores involucrados del mercado debido a que los precios más altos pueden percibirse como precios injustos por parte de la mayoría de las empresas y su red puede verse interrumpida; lo que conlleva a que algunas de estas puedan buscar bases de datos flexibles y modificables, ya que las PYME tienen procesos comerciales menos formales que las empresas más grandes.

Las PYME son más propensas a cometer errores en la gestión de sus datos. En consecuencia, si las PYME buscan un sistema de registro de datos inalterable, Blockchain será la solución adecuada para sus necesidades; de lo contrario, deben abstenerse de invertir en Blockchain. Por tanto, antes de iniciar un proyecto de cadena de bloques, las PYME deben ser conscientes del problema de la transparencia y sus posibles consecuencias (Masood y Sonntag, 2020).

La competencia global a veces puede conllevar a que algunas empresas se apoyen en prácticas comerciales poco éticas, como el empleo de métodos de producción poco éticos. Con el fin de maximizar sus beneficios o capacidades de competencia, estas empresas pueden abusar de cuestiones económicas, ambientales y sociales asociadas con sus operaciones comerciales. Estos problemas inevitablemente requieren de rastrear sus prácticas de la cadena de suministro. En este sentido, la tecnología Blockchain puede proporcionar una solución para las PYME que deseen demostrar que cumplen con los principios de comercio justo proporcionados por la Organización Mundial de Comercio Justo (Touriki et al., 2022). Los clientes sensibles a estos principios pueden rastrear la procedencia de los productos que compran a través del libro mayor de Blockchain. La transparencia

proporcionada por Blockchain puede aumentar la confianza entre las PYME y sus clientes, y contribuir a una ventaja competitiva.

Un desafío que las PYME afrontan con frecuencia para hacer realidad sus ambiciones comerciales es la falta de capital financiero o su acceso a él. Para acceder a los recursos financieros necesarios, pueden intentar obtener un préstamo de un banco o acceder a instrumentos de financiación alternativos proporcionados por otros intermediarios financieros. En cuanto a la obtención de un préstamo, las tasas de interés requeridas por las instituciones financieras pueden no ser atractivas para iniciar su proyecto, por ejemplo, para crecer internacionalmente en vista de los costos más altos que pueden enfrentar las PYME en comparación con las empresas más grandes.

De otro lado, la audiencia que podría proporcionar capital financiero a las PYME podría mostrarse renuente debido a los mayores riesgos involucrados en el financiamiento o la pérdida de oportunidades de ganancias. Además, es posible que las PYME que buscan financiación tampoco quieran ofrecer capital para la inversión. Por tanto, las PYME deben atraer a aquellos inversores que tengan un buen conocimiento de las PYME y su forma de pensar para respaldar sus estrategias de expansión (Niemeyer et al., 2020; Oliver et al., 2021).

En ese sentido, la tecnología Blockchain ofrece a las PYME una oportunidad de recaudación de fondos conocida como: Ofertas Iniciales de Monedas (OIM, en adelante). En una OIM, la PYME propietaria de un proyecto crea una cierta cantidad de token digital y la vende a los inversores potenciales. Estos inversores compran estos tokens a cambio de un servicio proporcionado por la PYME o una mayor demanda del token en los criptomercados que genera mayores ganancias. Esta situación en la que todos ganan permite a las PYME obtener la financiación necesaria que necesitaban y proporciona mayores beneficios a sus inversores. Las OIM tienen ventajas y desventajas para las PYME. Permiten un proceso de financiación rápido y menos regulado, y no necesitan pérdida de capital. De otro lado, debido a que las OIM no están reguladas en muchos países, podrían estar sujetas a casos de fraude si sus inversores se quejan de ellas. Por tanto, las PYME deben considerar tanto las ventajas como las desventajas de OIM antes de emprender este viaje.

Conclusiones

Según su definición, la Industria 4.0 es accesible a cualquier tipo de negocio y de cualquier tamaño de empresa, por lo que también es accesible a las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME). Sin embargo, estas tendrán dificultades naturales para aceptar los desafíos que conlleva la implementación de la Industria 4.0 debido a la complejidad y los recursos específicos necesarios para su transformación hacia las PYME 4.0, por lo que cualquier método y/o herramienta que ayude a guiar y simplificar su adopción es bienvenido.

Industria 4.0 impacta de manera positiva los modelos de negocio de las PYME, esto, debido a que el intercambio instantáneo de información, las soluciones comerciales computarizadas y la capacidad de análisis de big data en tiempo real cambian la forma las PYME hacen su negocio. Hoy en día, los negocios orientados a servicios, donde la participación del cliente comienza en la etapa de diseño del producto o servicio, están en el foco de las empresas. Esta transformación es acelerada por las tecnologías de Industria 4.0 como lo es: internet industrial de las cosas, big data y análisis de datos, fabricación aditiva o impresión 3D, robótica avanzada, realidad aumentada y virtual, computación en la nube, sistemas físicos cibernéticos, simulación y modelados, ciberseguridad, aprendizaje automatizado e inteligencia artificial y tecnología Blockchain, fábrica inteligente entre otros

La logística tradicional (1.0) sufrirá una transformación a medida que la Industria 4.0 se haga cargo del proceso de producción convencional actual en uso. Este cambio en la logística no será fácil ni sin esfuerzo. Sin embargo, cambiará sustancialmente la forma en que las PYME realizan sus operaciones logísticas y mejorará la eficiencia de los procesos, la productividad y la satisfacción del cliente. Las PYME que adopten la Industria 4.0 obtendrán una ventaja competitiva, ya que esta les proporcionará un sistema flexible, sostenible y una cadena de suministro altamente receptiva (4.0). Transformar los sistemas logísticos convencionales en sistemas logísticos inteligentes y optimizar el proceso logístico de las PYME conducirá a cadenas de suministro ágiles, ahorros de costos, mayores niveles de servicio y satisfacción al cliente.

La digitalización es un fenómeno que afecta a todos los sectores, donde los productos tradicionales son reemplazados por contrapartes digitales o al menos equipados con nuevas características digitales. Sin embargo, la transformación digital, o digitalización, va más allá de la mejora de productos y procesos, para afectar los modelos de negocio de las PYME, los aspectos organizativos y de gestión y los procesos completos de su cadena de suministro, creando desafíos importantes para estas. En otras palabras, los servicios digitales y la digitalización en sí misma no solo afectan los productos físicos, sino también la naturaleza del negocio y la estructura y estrategia organizacional de las PYME.

En línea con los cambios esperados, las empresas, entre ellas las PYME, se están interesando cada vez más en la aplicación de nuevas tecnologías para asegurar 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. Si las PYMES convencionales transitan hacia PYME 4.0, las Industria 4.0, con el apoyo de sus tecnologías emergentes, les brindará la oportunidad de superar a sus competidores, al mejorar su ventaja comparativa y crear una ventaja decisiva sobre estos. El cambio también es forzado por la disminución de los ciclos de vida de los productos, las cambiantes expectativas y necesidades de los consumidores y los mercados cada vez más heterogéneos con el tiempo.

La Industria 4.0 genera cambios significativos en los modelos de negocios existentes de las PYME, permitiendo nuevas formas de crear valor. Estos cambios se esperan para dar lugar a la transformación de las cadenas de valor tradicionales y crear modelos de negocio completamente nuevos (4.0) que permitan niveles más altos de consumo.

La Industria 4.0 está afectando tres elementos de básicos de las PYME: creación de valor, captura de valor y oferta de valor; a medida que los productos y servicios se vuelven más y más digitales, los canales estarán cada vez más digitalizados. Esto puede conducir a cambios en las relaciones con los clientes y aumentar la innovación en el producto y diseño de servicios. Por tanto, la Industria 4.0 se puede definir como un pilar en la competitividad futura de las PYME.

Las PYME interesadas en Blockchain y su aplicación deben, ante todo, evaluar a fondo los pros y los contras de esta tecnología con escepticismo y, cuando estén completamente seguros, la adopten. También deben recordar que las empresas que primero adopten Blockchain tendrán una ventaja sobre sus rivales. En ese sentido, las PYME deben seguir un enfoque personalizado para elegir la aplicación de cadena de bloques más adecuada para responder a sus necesidades. Las PYME que deseen beneficiarse de esta tecnología deben seguir un proceso adecuado de gestión del conocimiento.

Muchas de las ventajas de la Industria 4.0 solo serán accesibles para las PYME si no solo utilizan tecnologías relacionadas con la Industria 4.0, sino que también innovan sus modelos de negocio en función de las oportunidades tecnológicas disponibles a través de la Industria 4.0. Por tanto, los modelos de negocio de las PYME deben innovar su estrategia en cuanto a la creación de valor, captura de valor y oferta de valor para que los beneficios de las nuevas tecnologías no se limiten a aplicaciones únicas.

La Industria 4.0 se está calificando como un modelo estratégico para mejorar drásticamente las métricas como el costo, la productividad, la calidad, la satisfacción del cliente y el tiempo de entrega mediante la integración de extremo a extremo de la cadena de suministro (4.0) a través de la automatización y la digitalización. La Industria 4.0 permite la integración vertical (jerárquica) y horizontal (proveedores-clientes) de extremo a extremo de la cadena de suministro.

Las PYME podrían acortar su camino hacia el cliente al unirse a plataformas de colaboración digitales y cumplir colectivamente con los pedidos. Acercarse a los clientes a través de plataformas 4.0, no a través de las cadenas de suministro convencionales, puede convertir a las PYME 4.0 en participantes más poderosos del mercado.

Declaración sobre conflicto de interés:

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés sobre el artículo.

Referencias Bibliográficas

- Adekunle Mofolasayo, Steven Young, Pablo Martinez, & Rafiq Ahmad. (2022). How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing, *Procedia Computer Science*, Volume 200, Pages 934-943, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.291>
- Alicia Mon, & Horacio René Del Giorgio. (2022). Analysis of Industry 4.0 Products in Small and Medium Enterprises, *Procedia Computer Science*, (200): 914-923, ISSN 1877-0509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.289>
- Anes, V., Abreu, A., Dias, A., Carmona, P., & Morgado, T. (2022). Open Innovation in Industry 4.0—A Risk Assessment Framework for SMEs. In: Kumar, V., Leng, J., Akberdina, V., Kuzmin, E. (eds) *Digital Transformation in Industry . Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, vol 54. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94617-3_21
- Baitursunov, A.A., & Gusov, A.Z. (2021). The Development of Small and Medium Enterprises as a Factor for Accelerating Industrial Growth in the Formation of a Digital Economy. In: Bogoviz, A.V., Ragulina, J.V. (eds) *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration*. ISCI 2019. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 280. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80485-5_19
- Barde, S. (2021). Blockchain-Based Cyber Security. In: Agrawal, R., Gupta, N. (eds) *Transforming Cybersecurity Solutions using*

- Blockchain. Blockchain Technologies. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6858-3_4
- Boers, B., Henschel, T. (2022). Different Crises in Family SMEs and How to Prepare for Them. In: Durst, S., Henschel, T. (eds) Crisis Management for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). Management for Professionals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91727-2_8
- Chabani, Z., Hamouche, S., & Said, R. (2021). Is Blockchain technology applicable in small and medium-sized enterprises? In: Motahir, S., Bossoufi, B. (eds) Digital Technologies and Applications. ICDTA 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 211. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73882-2_46
- Dallasega, P., M. Woschank, H. Zsifkovits, K.Y. Tippayawong, & C.A., Brown. (2020). Requirement analysis for the design of smart logistics in SMEs. In Matt, D.T., V. Modrák, and H. Zsifkovits (eds.). Industry 4.0 for SMEs, 147–162. Cham: Springer.
- Davelis, A. & Butt, U.J., Pendlebury, G., & Hussein, K.E. (2022). Emerging Technologies: Blockchain and Smart Contracts. In: Jahankhani, H., V. Kilpin, D., Kendzierskyj, S. (eds) Blockchain and Other Emerging Technologies for Digital Business Strategies. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98225-6_6
- Durst, S., Henschel, & T., Salzmann, J. (2022). Crisis Management Practices in Small- and Medium-Sized Firms. In: Durst, S., Henschel, T. (eds) Crisis Management for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). Management for Professionals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91727-2_3
- Genest, Marie Charbonneau, & Gamache, Sebastien. (2020). Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. Procedia Manufacturing, (51):1215–1220. <https://doi:10.1016/j.promfg.2020.10.170>
- Geuna, A., Guerzoni, M., Nuccio, M., Pammolli, & F., Rungi, A. (2021). Digital Technologies and Industrial Transformations. In: Resilience and Digital Disruption. SpringerBriefs in Business. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85158-3_2
- Giovanni Esposito, & Giovanni Romagnoli. (2021). A Reference Model for SMEs understanding of Industry 4.0, IFAC-PapersOnLine, Volume 54, Issue 1, Pages 510-515. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.166>
- Hussein Magdy Elhusseiny, & José Crispim. (2022). SMEs, Barriers and Opportunities on adopting Industry 4.0: A Review., Procedia Computer Science, Volume 196, Pages 864-871, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.086>
- Ingaldi, M., & R. Ulewicz. (2020). Problems with the implementation of Industry 4.0 in enterprises from the

- SME sector. *Sustainability* 12 (1): 217.
<https://doi.org/10.3390/su12010217>
- Jahankhani, H., Meda, L.N.K., & Samadi, M. (2022). Cybersecurity Challenges in Small and Medium Enterprise (SMEs). In: Jahankhani, H., V. Kilpin, D., Kendzierskyj, S. (eds) *Blockchain and Other Emerging Technologies for Digital Business Strategies. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-98225-6_1
- Julian M. Müller, Oana Buliga, & Kai-Ingo Voigt. (2021). The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models - A comparison between SMEs and large enterprises, *European Management Journal*, Volume 39, Issue 3, Pages 333-343,
<https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.01.002>
- Knezović, E., & Hamur, A. (2022). Porter's Business Strategies and Business Performance in SMEs. In: Ratten, V. (eds) *Entrepreneurial Innovation. Studies on Entrepreneurship, Structural Change and Industrial Dynamics*. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-4795-6_2
- Koppel, T., Tšernikova, O. (2022). Managing Crisis in SMEs. In: Durst, S., Henschel, T. (eds) *Crisis Management for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). Management for Professionals*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-91727-2_5
- Kumar, Ravinder, Singh, Rajesh Kr., & Dwivedi, Yogesh Kr. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 275.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>
- Maksaev, A.A., Maloletko, A.N., Kaurova, O.V., Dianova, & V.Y., Trushchenko, I.V. (2021). The Impact of Industry 4.0 on the Established Business Models. In: Bogoviz, A.V., Ragulina, J.V. (eds) *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration*. ISCI 2019. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 280. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-80485-5_29
- Manuela Ingaldi, & Dorota Klimecka-Tatar. (2022). Digitization of the service provision process - requirements and readiness of the small and medium-sized enterprise sector. *Procedia Computer Science*, (200): 237-246, ISSN 1877-0509.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.222>
- Marco Spaltini, Federica Acerbi, Marta Pinzone, Sergio Gusmeroli, & Marco Taisch. (2022). Defining the Roadmap towards Industry 4.0: The 6Ps Maturity Model for Manufacturing SMEs, *Procedia CIRP*, Volume 105, Pages 631-636,
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.105>
- Masood, Tariq, & P. Sonntag. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry* 121: 103261.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>

Matt, D.T., & E. Rauch. (2020). SME 4.0: The role of small-and medium sized enterprises in the digital transformation. In Industry 4.0 for SMEs challenges, opportunities and requirements, ed. D.T. Matt, V. Modrak, and H. Zsifkovits, 3–36. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4_1

Mörth, O., C. Emmanouilidis, N. Hafner, & M. Schadler. (2020). Cyberphysical systems for performance monitoring in production intralogistics. Computers & Industrial Engineering 142: 106333.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106333>

Nabiyeva, A.R., Kurnosov, V.S., Antonova, I.S., Popova, E.V., & Krishtaleva, T.I. (2021). Managing Technology Upgrading in Small and Medium-Sized Enterprises: Insights from Russia. In: Bogoviz, A.V., Ragulina, J.V. (eds) Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. ISCI 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 280. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-80485-5_39

Niemeyer, C. Leona, Gehrke, Inga, Müller, Kai, Küsters, Dennis, & Gries, Thomas. (2020). Getting Small Medium Enterprises started on Industry 4.0 using retrofitting solutions. Procedia Manufacturing, 45(), 208–214.
<https://doi:10.1016/j.promfg.2020.04.096>

Oliver Oechsle, Tom Drews, & Paul Molenda. (2021). Methodology for

Assessing, Evaluating and Selecting an Integration and Migration Strategy for Industry 4.0 in SME, Procedia CIRP, Volume 104, Pages 1716-1721,
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.289>

Orzes, G., E. Rauch, S. Bednar, & R. Poklemba. (2018). Industry 4.0 implementation barriers in small and medium sized enterprises: A focus group study. Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1348–1352. Macao, China.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607477>

Orzes, G., Poklemba, R., & Towner, W.T. (2020). Implementing Industry 4.0 in SMEs: A Focus Group Study on Organizational Requirements. In: Matt, D., Modrák, V., Zsifkovits, H. (eds) Industry 4.0 for SMEs. Palgrave Macmillan, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4_9

Panwar, & Bhatnagar, V. (2020). Distributed ledger technology (DLT): The beginning of a technological revolution for Blockchain. In 2nd International Conference on Data, Engineering and Applications (IDEA) (pp. 1–5), Bhopal, India
<https://doi.org/10.1109/IDEA49133.2020.9170699>

Pech, M., & J. Vrchota. (2020). Classification of small-and medium-sized enterprises based on the level of Industry 4.0 implementation. Applied Sciences 10 (15): 5150.
<https://doi.org/10.3390/app10155150>

Prasad, R., & Rohokale, V. (2020). Blockchain Technology. In: Cyber

- Security: The Lifeline of Information and Communication Technology. Springer Series in Wireless Technology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31703-4_17
- Prathibha, S., Sona, T.R., & Krishna Priya, J. (2021). Secured Storage and Verification of Documents Using Blockchain Technology. In: Agrawal, R., Gupta, N. (eds) Transforming Cybersecurity Solutions using Blockchain. Blockchain Technologies. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6858-3_5
- Prause, M. (2019). Challenges of Industry 4.0 technology adoption for SMEs: The case of Japan. Sustainability 11 (20): 5807. <https://doi.org/10.3390/su1205807>
- Rauch, E., M. Unterhofer, R.A. Rojas, L. Gualtieri, M. Woschank, & D.T. Matt. (2020a). A maturity level-based assessment tool to enhance the implementation of Industry 4.0 in small and medium-sized enterprises. Sustainability 12 (9): 3559. <https://doi.org/10.3390/su12093559>
- Ravinder Kumar, Rajesh Kr. Singh, & Yogesh Kr. Dwivedi. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges, Journal of Cleaner Production, Volume 275, 124063, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>
- Reimers, S., Twenhöven, T., Petersen, M., & Kersten, W. (2021). The roles of small and medium-sized enterprises in Blockchain adoption. In: Buscher, U., Lasch, R., Schönberger, J. (eds) Logistics Management. Lecture Notes in Logistics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85843-8_1
- Riccardo Ricci, Daniele Battaglia, & Paolo Neirotti. (2021). External knowledge search, opportunity recognition and industry 4.0 adoption in SMEs, International Journal of Production Economics, Volume 240, 108234, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108234>
- Rojas, R.A., y Ruiz García, M.A. (2020). Implementation of Industrial Internet of Things and Cyber-Physical Systems in SMEs for Distributed and Service-Oriented Control. In: Matt, D., Modrák, V., Zsifkovits, H. (eds) Industry 4.0 for SMEs. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4_3
- Saghiri, A.M., HamAbadi, K.G., & Vahdati, M. (2020). The Internet of Things, Artificial Intelligence, and Blockchain: Implementation Perspectives. In: Kim, S., Deka, G. (eds) Advanced Applications of Blockchain Technology. Studies in Big Data, vol 60. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8775-3_2
- Schiffer, M., H.H. Wiendahl, and B. Saretz. (2019). Self-assessment of industry 4.0 technologies in intralogistics for SME's. IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS) 339–346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29996-5_39
- Singh, M. (2020). Blockchain Technology for Data Management in Industry 4.0.

- In: Rosa Righi, R., Alberti, A., Singh, M. (eds) Blockchain Technology for Industry 4.0. Blockchain Technologies. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-1137-0_3
- Song, H. (2021). Risk Management in Intelligent Supply Chain Finance. In: Smart Supply Chain Finance. Palgrave Macmillan, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-5997-3_10
- Touriki, F.E., Belhadi, A., Kamble, S., & Benkhati, I. (2022). Circular Economy in SMEs: The Role of Lean, Lean Six Sigma and Smart Manufacturing. In: Sustainable Excellence in Small and Medium Sized Enterprises. Industrial Ecology. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-0371-7_9
- Vidsav Majstorovic, Goran Jankovic, Srdjan Zivkov, & Slavenko Stojadinovic. (2021). Digital Manufacturing in SMEs based on the context of the Industry 4.0 framework – one approach. Procedia Manufacturing.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.009>
- Yu F., and T. Schweisfurth. (2020). Industry 4.0 technology implementation in SMEs—A survey in the Danish-German border region. International Journal of Innovation Studies 4 (3): 76–84.
<https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.05.001>