

**Identificación de las oportunidades y desafíos en la implementación de la industria 4.0 en
las pymes colombianas en los últimos 5 años**

Santiago Hidalgo Sánchez

Asesor

Edwin Eliecer Casanova Ortiz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Tecnología en logística industrial

2025

Resumen

La presente monografía se enmarca en la revisión y análisis documental sobre los avances y desafíos que enfrentan las Mipymes colombianas con la implementación de tecnologías de la industria 4.0, para lo que se aplicó la metodología cualitativa de tipo descriptiva con una revisión exhaustiva en las bases de datos académicas y científicas aplicando operadores de búsqueda, palabras claves y temporalidad de 5 años, limitando los hallazgos acorde a los objetivos planteados y estructurando de forma organizada en la ficha bibliográfica.

Ahora bien, los resultados abordan el análisis de 30 artículos en los que se determinan que el sector manufacturero tiene una participación en la implementación de tecnologías avanzadas destacando el Big Data, IoT y la inteligencia artificial. Además, se esbozan las fases del proceso de implementación, las barreras y las oportunidades que tienen las empresas.

Finalmente, los estudios concluyen que es necesario generar un cambio a nivel interno de las organizaciones en el que se reconozca las ventajas competitivas de incorporar las herramientas tecnológicas y se superen las barreras, resaltando la importancia que cobra un liderazgo estratégico y el apoyo gubernamental para la transición al modelo de negocio digital.

Palabras clave: Digitalización, Empresa, Industria 4.0, Tecnología avanzada

Abstract

This monograph is part of the review and documentary analysis on the progress and challenges faced by Colombian MSMEs with the implementation of industry 4.0 technologies, for which the qualitative methodology of a descriptive type was applied with an exhaustive review in the academic and scientific databases applying search operators, keywords and temporality of 5 years, limiting the findings according to the objectives set and structuring in an organized way in the bibliographic file.

However, the results address the analysis of 30 articles in which it is determined that the manufacturing sector has an active participation in the implementation of advanced technologies, highlighting Big Data, IoT and artificial intelligence. In addition, the phases of the implementation process, the barriers and opportunities that companies have are outlined.

Finally, the studies conclude that it is necessary to generate a change internally in organizations in which the competitive advantages of incorporating technological tools are recognized and barriers are overcome, highlighting the importance of strategic leadership and government support for the transition to the digital business model.

Keywords: Digitalization, Company, Industry 4.0, Advanced technology

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
Planteamiento del Problema.....	11
Pregunta Problema.....	12
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Justificación.....	14
Marco Referencial.....	16
Marco Teórico	16
Concepto Industria 4.0.....	16
Características de la Industria 4.0	17
Herramientas y tecnologías específicas	18
Importancia de la innovación tecnológica	23
Proceso de implementación	23
Colombia frente a la transformación digital	24
Comparativa internacional.....	30
Conclusión: Avances, desafíos y futuras direcciones.....	33
Marco Metodológico	35
Diseño de Investigación.....	35
Población Objeto	35
Técnicas de Recolección de la Información	36

	5
Instrumento	36
Procedimiento	37
Aspectos Éticos	37
Análisis de los Resultados.....	39
Análisis de los sectores económicos en Colombia	40
Sector manufacturero	40
Sector servicios	42
Sector agropecuario	44
Sector construcción	45
Herramientas y tecnologías adoptadas	46
Proceso de implementación de la producción digital	48
Fases del proceso de implementación	49
Desafíos en la implementación de tecnología 4.0	52
Barreras Económicas	53
Barreras Culturales y Organizacionales	54
Barreras Tecnológicas.....	55
Oportunidades y beneficios en la implementación de tecnología 4.0	55
Mejora en la Eficiencia Operativa	56
Innovación y Desarrollo de Nuevos Productos.....	57
Competitividad en el Mercado Global.....	57
Estudios de Caso de Implementación de la Industria 4.0	58
Caso 1: Implementación de herramientas de la Industria 4.0 en una empresa del sector manufacturero	58

Caso 2: Implementación de herramientas de la Industria 4.0 en una empresa del sector agroindustrial	59
Caso 3: Implementación de herramientas de la Industria 4.0 en una empresa del sector servicios	59
Discusión.....	61
Conclusiones y Recomendaciones	65
Recomendaciones para las empresas.....	66
Recomendaciones para el gobierno y políticas públicas	66
Referencias	68
Apéndices.....	77

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Herramientas de la industria 4.0</i>	21
Tabla 2 <i>Sectores de la industria 4.0</i>	29
Tabla 3 <i>Países líderes de la cuarta revolución industrial</i>	31
Tabla 4 <i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	35
Tabla 5 <i>Modelo Ficha de análisis bibliográfico</i>	37
Tabla 6 <i>Principales herramientas tecnológicas de la industria 4.0</i>	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Hitos relevantes de la Industria 4.0 en Colombia</i> ...	25
Figura 2 <i>Desafíos de la Transformación Digital</i>	26
Figura 3 <i>Fases de Investigación</i>	37
Figura 4 <i>Sectores Investigados</i>	40
Figura 5 <i>Diagrama Causa y Efecto</i>	53

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A <i>Ficha bibliográfica</i>	77

Introducción

La cuarta revolución industrial ha transformado el panorama empresarial a nivel global, redefiniendo la forma en que las empresas operan y compiten en el mercado. Una situación que no es ajena para las empresas colombianas, ya que la adopción de las tecnologías avanzadas son un factor clave para el crecimiento y sostenibilidad.

En los últimos años se ha incrementado la adopción de tecnologías de la industria 4.0, convirtiéndose en parte fundamental para optimizar la gestión a nivel empresarial en un entorno cambiante y de alta competitividad. Sin embargo, la implementación de tecnologías de la industria 4.0 presenta obstáculos asociados a la falta de recursos, capacitación y cultura organizacional, lo cuales requieren un análisis desde la perspectiva administrativa, económica y productiva, para plantear estratégicamente el proceso para facilite la adopción y maximicen los beneficios, ya que es un tema que sigue generando temor y que las microempresas perciben como lejano y complejo.

Por lo que este estudio tiene como objetivo analizar las oportunidades y desafíos que han presentado las empresas en los diferentes sectores económicos, así como describir el proceso de adopción de la industria 4.0 en Colombia y la conceptualización de diferentes herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data entre otros, describiendo las características que optimizan la gestión empresarial.

Lo anterior, se realizará con la recopilación de estudios desarrollados en los últimos 5 años, proporcionando una visión integral del impacto de la industria 4.0 en las micro y pequeñas empresas colombianas. Generando aportes valiosos para la toma de decisiones en el sector empresarial y contribuyendo para el desarrollo de políticas que incentiven la digitalización en las Mipymes colombianas.

Planteamiento del Problema

Actualmente, la globalización ha generado un aumento de la competitividad empresarial, enfrentando a las empresas a mercados en constante cambio y a clientes más exigentes, por lo que, es importante la adopción de estrategias que optimicen la gestión organizacional. En este contexto, Colombia alcanzó para 2023 un total de 1.736.177 pymes, de las cuales el 95% son microempresas, siendo fundamentales para el desarrollo económico y social del país (Ministerio de Industria Comercio, Industria y Turismo, 2024).

Sin embargo, el estudio realizado por Confecámaras (2023) señala que la tasa de supervivencia para el 2022 fue del 33,47%, con un decrecimiento paulatino desde 2018, cuando era del 70,97%, lo anterior se debe a factores como el dinamismo del sector en el que desarrollan las actividades, la capacidad de acceder a mercados, atraer clientes, retener talento humano y la gestión eficiente de los recursos.

De ahí que muchos de los problemas radican en la capacidad de adaptación de las nuevas tecnologías, considerando que actualmente la industria 4.0 representa una transformación en la forma en que las empresas desarrollan sus procesos, ya que permite que se integren herramientas digitales y físicas para mejorar la eficiencia y productividad. Pese a esto, las empresas colombianas presentan notables diferencias en la velocidad y eficacia en la adopción de tecnologías, en este sentido Muñoz et al., (2024) señalan que especialmente las pequeñas y medianas empresas enfrentan barreras como la falta de recursos económicos, desconocimiento de las herramientas, capacitación del personal o resistencia al cambio, lo que refleja una necesidad urgente para abordar estos desafíos, mejorar la competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Pregunta Problema

¿Cuáles son los principales obstáculos que enfrentan las pequeñas y medianas empresas colombianas para implementar tecnologías de la industria 4.0 en los últimos 5 años?

Objetivos

Objetivo General

Analizar las oportunidades y desafíos en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en las empresas colombianas durante en los últimos cinco años.

Objetivos Específicos

Identificar los sectores económicos en Colombia que han implementado tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial en los últimos cinco años.

Definir las herramientas y tecnologías específicas adoptadas por las empresas colombianas en el contexto de la manufactura inteligente.

Determinar el proceso de implementación de la producción digital en las empresas colombianas, incluyendo los desafíos y oportunidades.

Justificación

El uso de la tecnología se convierte en un componente estratégico para todas las empresas, sin excepción, considerando que los constantes cambios y exigencias del mercado que generan el aumento en la competitividad, y en donde el conocimiento, análisis y evaluación contribuye a la toma de decisiones estratégicas.

De ahí que se destaque, la capacidad de la industria 4.0 para fomentar el desarrollo del talento, fomentar la innovación, mejorar la eficiencia operativa, apoyar la toma de decisiones informadas y aumentar la competitividad es crucial, por lo tanto, las organizaciones que reconocen y valoran el valor del conocimiento tienen más probabilidades de prosperar en el entorno empresarial actual y futuro. Siendo en definitiva la implementación de las nuevas tecnologías una necesidad empresarial que contribuyen en el desarrollo económico de Colombia, potencializando la generación de empleo y la sostenibilidad empresarial (Ladino y Briceño, 2022, pp. 32-34).

Mientras que las empresas colombianas enfrentan retos, países revolucionarios como Estados Unidos y Alemania muestran el impacto positivo de estas tecnologías, liderando el camino en la implementación de políticas como la “Plataforma industria 4.0”, siendo un modelo estratégico que coordina acciones del sector público y privado para consolidar su liderazgo en ingeniería y manufactura, convirtiéndose en proveedores claves de equipos para las fábricas, destacando que el esfuerzo de I+D se da bajo el modelo de aprendizaje colaborativo entre las partes (Erbes et al., 2019), lo que demuestra que la integración de estrategias facilita la adopción tecnológica.

Considerando que la fuerza económica del país corresponde al 95% de las empresas son pymes, el surgimiento de estas tecnologías son especialmente transformadoras, sin embargo, la

adopción de la industria 4.0 ha sido lenta y se enfrenta a múltiples oportunidades y desafíos. Por consiguiente, con la identificación de las oportunidades y desafíos es posible desarrollar estrategias efectivas que contribuyan a llenar los vacíos de información y de esta forma ofrecer recomendaciones prácticas que permitan promover la digitalización industrial en el país.

En este contexto, es importante reconocer que la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y la inteligencia artificial permite que las empresas optimicen sus procesos, mejoren su productividad, se adapte a las demandas del mercado, además, se facilita la toma de decisiones informadas para mejorar su eficiencia (Muñoz et al., 2024). Por lo tanto es importante comprender el panorama actual del uso de las tecnologías en los diferentes sectores de la economía colombiana que permita identificar las herramientas aplicadas, los desafíos y oportunidades existentes, contribuyendo al reconocimiento de las experiencias para que se promuevan una adopción más amplia de estas tecnologías (Rozo, 2020).

Se resalta que el estudio tiene un impacto social significativo ya que se reconocen que con la implementación de la Industria 4.0 se mejora la calidad de vida de los trabajadores, se pueden desarrollar soluciones innovadoras en la gestión y optimización de los procesos en las diferentes industrias (Bautista Esquivel et al., 2022). Así, esta investigación no solo busca identificar los desafíos y oportunidades en la adopción de tecnologías avanzadas por parte de las pymes colombianas, sino también contribuir a un cambio positivo que impulse el desarrollo económico y social del país.

Marco Referencial

Marco Teórico

La implementación de tecnologías en el sector empresarial es parte fundamental para su desarrollo y competitividad, de ahí que el reconocimiento de estas herramientas para los micros y pequeñas empresas y el procedimiento de adopción son fundamentales para alinearse a la transformación que demanda el mercado.

Concepto Industria 4.0

La evolución de la humanidad ha estado marcada por transformaciones significativas como la Revolución Industrial (siglo XIX) la cual fue clave para la historia ya que impulsada con innovaciones tecnológicas, como la máquina de vapor y la producción mecanizada, permitieron darle un giro a la economía y a la política, pero que tuvo sin dudar un impacto no solo en la producción de bienes sino a la sociedad (Silva y Mata, 2005, pp.15-17).

Sin embargo, con el paso del tiempo esta tendencia de innovación ha seguido experimentando transformaciones por nuevas tecnologías. La Segunda revolución Industrial (principios del siglo XX) introdujo motores eléctricos, desarrollo de automóvil y producción en masa. Posteriormente, la Tercera Revolución Industrial, en las décadas de 1970, se centró en la automatización y la informática. Finalmente, la Cuarta Revolución Industrial conocida como la Industria 4.0, la cual representa un nuevo capítulo en la historia de la innovación con sistemas ciberfísicos que recopilan y procesan tareas de forma autónoma (Joyanes, 2017, pp.1-3).

Ahora bien, diferentes autores han abordado la definición de la Industria 4.0 el cual nació como una estrategia gubernamental alemana en el 2011 caracterizándose por la automatización y digitalización de los procesos industriales mediante la integración de tecnologías avanzadas (Ynzunza et al., 2017).

Este concepto implica la transformación en los sistemas estratégicos y productivos, donde la tecnología facilita la interacción entre personas y máquinas, lo que a su vez impacta el comportamiento del consumidor y redefine los modelos de negocios. Desde este enfoque se promueve que las empresas se adapten de forma rápida a los cambios del mercado, permitiéndoles ser más ágiles y con la capacidad de responder de manera efectiva a las nuevas demandas y tendencias (Lassi et al., 2014).

En concordancia, Pangol (2022) menciona que la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos de producción y manufactura, permite a las empresas mejorar la eficiencia, la flexibilidad y personalizar la producción, lo que les permite optimizar los procesos internos, generar valor añadido a los clientes y de esta forma aumentar la competitividad en el mercado.

Características de la Industria 4.0

Las principales características que sobresalen al evaluar la industria 4.0 son la integración vertical, la cual permite la conexión de sistemas de producción inteligentes, mejorando la comunicación y coordinación entre las diferentes etapas operativa dentro de las empresas, lo que a su vez propicia un flujo de trabajo más eficiente y fortalece la toma de decisiones (Sukhodolov, 2019, como se citó en MinTIC, 2019).

En segundo lugar, la integración horizontal fomenta la creación de redes internacionales de valor agregado, para así promover la colaboración entre los actores involucrados (Fernández et al., 2022, pp.7-9), este enfoque que permite que se optimicen los procesos, se reduzcan los costos y se mejore la calidad del servicio.

Luego se sitúa la ingeniería en cada eslabón de la cadena de valor, la cual garantiza que se asegure que cada etapa del ciclo de vida del producto este optimizada, desde el diseño hasta la entrega final del producto, es importante destacar que se prioriza la calidad y la satisfacción del cliente.

Finalmente, la aceleración en los procesos de fabricación se logra mediante el uso intensivo de tecnologías digitales lo cual permite mayor eficiencia y flexibilidad en la producción (Sukhodolov, 2019, como se citó en MinTIC, 2019). Esto se debe en gran medida a la integración de tecnologías como el Internet de las cosas industrial (IIoT), la inteligencia artificial (IA), y el análisis de datos avanzados, que permiten la automatización y digitalización de los procesos industriales. Además, estas tecnologías facilitan la creación de fábricas inteligentes, donde los sistemas ciberfísicos recopilan y procesan información en tiempo real, mejorando la calidad de los productos y reduciendo costos operativos.

Por lo que ha demostrado ser una pieza fundamental para optimizar la cadena de suministro, el mantenimiento predictivo, la fabricación ágil, haciendo que las empresas se adapten de forma rápida a las demandas del mercado y mantengan la competitividad en un entorno que es cada vez más dinámico (Joyanes, 2017). Dichas características son fundamentales para alcanzar los objetivos generados por el concepto de industria 4.0, considerando que no solo se logra la transformación de los procesos, sino que a su vez también mejora las interacciones entre las empresas y los clientes.

Herramientas y Tecnologías Específicas

En el contexto de las principales tecnologías, se identifican diversas herramientas y sistemas que han permitido el empoderamiento y transformación de la industria, entre estas se destacan las tecnologías digitales como lo son el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia

artificial (IA), Big Data, computación en la nube y la robótica avanzada (Cabrera et al., 2020, pp.10-20).

En primer lugar, es preciso contextualizar la definición de IoT, el cual refiere a la interconexión de dispositivos y objetos mediante internet, por lo que, de acuerdo a Alvear et al., (2020) es aplicable en sectores como la fabricación, la logística y los hogares inteligentes, facilitando la recopilación de datos y el envío de información en tiempo real. En este sentido, Ynzunza et al., (2017) señalan que la aplicabilidad de la herramienta permite optimizar procesos y mejorar la eficiencia operativa, sin embargo, presenta desafíos como la seguridad de los datos y la necesidad de mantenerse de forma continua conectados.

Otro de los componentes que ha cobrado en los últimos años relevancia es la Inteligencia Artificial (IA), definido como la tecnología que por medio de algoritmos y modelos matemáticos tiene la capacidad de realizar tareas que requerían de la inteligencia humana (Peñalver y Isea, 2024), en este sentido la herramienta actual como aliado en diversas aplicaciones industriales y comerciales dada la capacidad de analizar volúmenes de datos, optimizar procesos, reducir costos y generar automatización en las tareas repetitivas. No obstante, Pérez y Rojas (2019) presentan algunas de las consecuencias de la implementación como lo son la dependencia de datos, problemas éticos y de privacidad, impacto en el desarrollo social con una disminución de la necesidad de mano de obra y limitaciones técnicas en las empresas.

Ahora bien, a medida que se avanza a una mayor digitalización surgen nuevas herramientas como lo es la Big Data, la cual permite recopilar, capturar, analizar, gestionar y procesar el conjunto de grandes volúmenes de datos de forma rápida, facilitando la extracción de información valiosa contribuyendo a la toma de decisiones (Hernández et al., 2017)

Adicionalmente, Orozco y Jacobs (2016) describen la computación en la nube (Cloud Computing) como un modelo de servicios informáticos que permite el almacenamiento de datos, uso compartido de recursos, redes y servidores mediante internet, con el objetivo de proporcionar a las empresas flexibilidad para tener acceso desde cualquier lugar y momento, lo que facilita la colaboración y la optimización de los procesos (p.174).

En cuanto a la robótica avanzada y los sistemas ciberfísicos, el concepto incorpora diferentes disciplinas para el diseño y construcción de robots como lo son las capacidades computacionales y las comunicativas, con el objetivo de que estos realicen tareas u operaciones complejas de forma autónoma, logrando la interacción eficaz con los seres humanos y de esta forma mejorar la eficiencia de la industria (Dovico, 2023).

A su vez, aparece la realidad virtual y aumentada es definida Araujo (2003) citada por Sousa et. al (2020) “es un tipo de tecnología con alta dependencia del procesamiento en tiempo real. Los desarrollos computacionales en estos aspectos, tanto de hardware como de software, tienen un alto impacto”, siendo un campo tecnológico que permiten mejorar la experiencia del usuario al combinar elementos virtuales con el mundo real, facilitando la interacción y el aprendizaje en diversas áreas.

Y la tecnología con impresión 3D se refiere al proceso de transformar diseños digitales tridimensionales en objetos físicos mediante la adición sucesiva de capas de material, un proceso que utiliza una impresora equipada para la creación de objetos complejos a partir de los diseños realizados, facilitando la personalización y la reducción de los tiempos de producción (Briceño et al., 2019, pp.14-15).

Sin embargo, pese a que las herramientas digitales traen un conjunto de beneficios, también se presentan riesgos, ya que con el aumento de la conectividad, el procesamiento y

almacenamiento de datos, surge la necesidad de proteger estos activos digitales contra amenazas cibernéticas, tales como virus informáticos, malware, ataques de denegación de servicio, entre otros (Rozo, 2017, pp.18-19).

Por lo anterior, la ciberseguridad se convierte en un elemento indispensable para salvaguardar los sistemas informáticos, las redes y datos de los diversos peligros que comprometen la seguridad de las organizaciones y personas. Así pues, Vargas et al. (2017) señalan que el término se debe manejar desde el ámbito estratégico y el operativo, el primero comprendido a generar defensas para garantizar que los ciberespacios son libres de peligros y daños o que su nivel de riesgo es menor. Y la segunda, se centra en proteger la privacidad, autenticidad y accesibilidad de la información, contribuyendo a mejorar las prácticas en la gestión.

Tabla 1

Herramientas de la industria 4.0

Herramienta	Ventajas	Desventajas
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> - Permite la toma de decisiones informadas. - Mejora la eficiencia operativa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere infraestructura avanzada. - Desafíos en la gestión y análisis de datos masivos.
Inteligencia Artificial (IA)	<ul style="list-style-type: none"> - Automatiza tareas repetitivas. - Mejora la precisión en el análisis de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de datos de calidad. - Riesgos éticos y de privacidad.

Computación en la Nube (Cloud Computing)	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidad y accesibilidad desde cualquier lugar. - Reducción de costos en infraestructura IT. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de proveedores externos. - Riesgos asociados con la privacidad y seguridad de los datos.
Internet de la Cosas (IoT)	<ul style="list-style-type: none"> - Facilita la recopilación de datos en tiempo real. - Mejora la comunicación entre dispositivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilidad en ciberseguridad. - Necesidad de conectividad constante.
Robótica y sistemas ciberfísicos	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la eficiencia y precisión en las operaciones. - Reduce el riesgo para los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo inicial de implementación. - Requiere mantenimientos especializados.
Realidad Virtual y Aumentada	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora el entrenamiento y simulaciones. - Facilita el diseño y visualización de productos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos en hardware y software. - Requiere de capacitación adicional para su uso
Impresión 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Permite personalización y prototipado rápido. - Reduce desperdicios en comparación con métodos tradicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones en materiales y escalabilidad. - Requiere habilidades técnicas para operar adecuadamente.
Ciberseguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Protege los datos e infraestructura crítica. - Aumenta la confianza del cliente en los sistemas digitales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos asociados a soluciones avanzadas. Necesidad constante de actualización ante nuevas amenazas.

Nota. Resumen de las ventajas y desventajas de las diferentes herramientas de la industria 4.0.

Fuente. (Cabrera et. al, 2020).

Importancia de la Innovación Tecnológica

La cuarta revolución industrial está cargada de infraestructura digital que permite la innovación en diferentes ámbitos, convirtiéndose en una necesidad para que las empresas sobrevivan en el mercado actual y competitividad en un entorno en constante evolución, por lo que la tecnología permite optimizar los procesos y generar modelos de negocio que responda a las demandas (Ramírez, 2017, pp.14-16).

En este contexto, señala Nolasco y Espinoza (2023) las empresas deben impulsarse a la transformación digital ya que esto les permite reaccionar de forma ágil a los cambios, siendo no solo una respuesta a la presión competitiva, sino también una oportunidad para innovar y mejorar, por lo que los líderes empresariales deben reconocer las tecnologías emergentes y las dinámicas del entorno.

El Dr. Schwab en su libro “La cuarta revolución industrial” (2016) detalla los impactos a nivel económico, social y tecnológico que trae la nueva era para el futuro. A nivel económico, destaca la eficiencia en los procesos productivos, las nuevas oportunidades laborales y la mejora continua de los servicios. Desde lo social, se enfatiza el acceso a la educación, la mejora de los servicios de salud, dadas las herramientas tecnológicas que permiten abordar los desafíos a los que se enfrentan los gobiernos, además subraya que a nivel tecnológico los sistemas digitales generan un entorno propicio para la innovación, solucionando o facilitando el desarrollo de estrategias más eficientes.

Proceso de Implementación

De acuerdo a Ynzunza et al., (2017) las fases de implementación de las herramientas son el diagnóstico de la situación actual de la empresa (infraestructura, procesos, plan estratégico), definición de la estrategia y los objetivos adecuados, sin dejar a un lado la evaluación y elección

de la herramienta, seguido por la estructuración del plan de capacitación del personal, la puesta en marcha del proyecto, el monitoreo y los ajustes continuos.

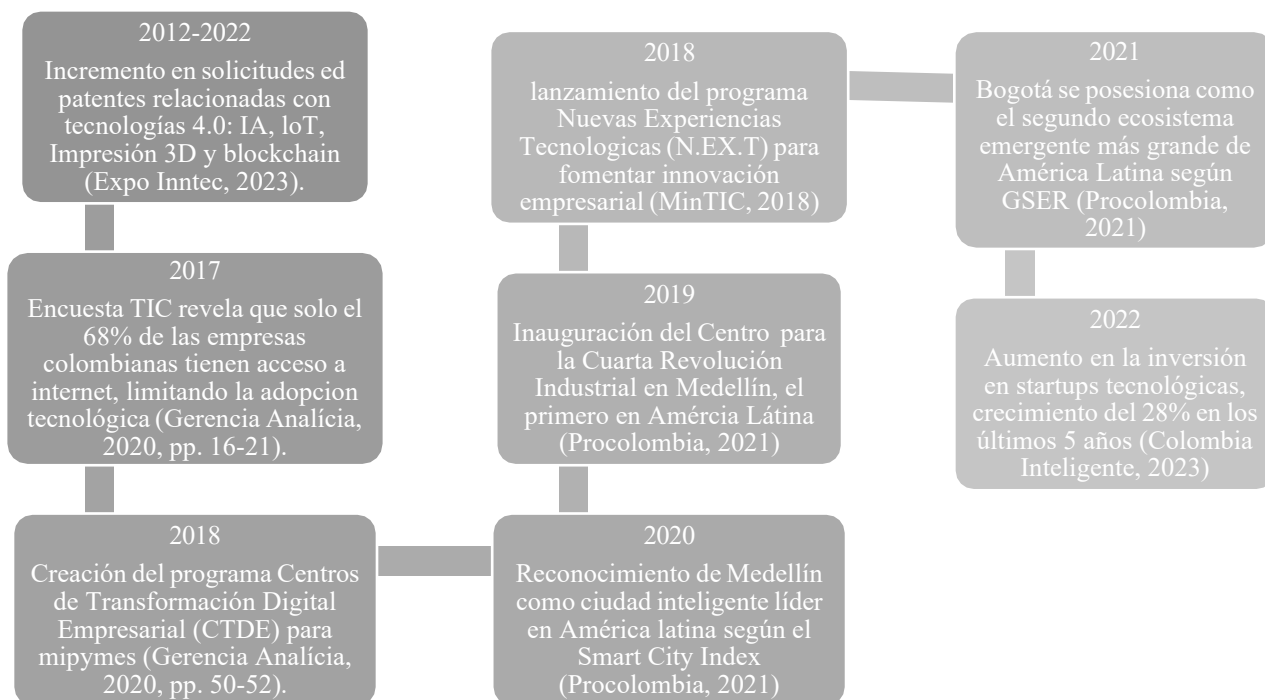
Colombia Frente a la Transformación Digital

En Colombia el proceso de integración de las tecnologías incluidas en la cuarta revolución industrial ha sido un tema que se remonta desde inicios del Siglo XXI, en el que se ha buscado mediante políticas públicas modernizar y adaptar la economía a las demandas del mercado, por lo que el fomento del teletrabajo y la ampliación de la cobertura de la infraestructura 5.0 son fundamentales para aprovechar los beneficios que marca este hito universal (Niño et al., 2020).

Por lo que, a continuación se expone una línea del tiempo con los hitos que han marcado el futuro transformacional de las empresas colombianas, considerando la implantación y el esfuerzo que realiza el gobierno nacional para que se tenga competencia en el mercado.

Figura 1

Hitos relevantes de la Industria 4.0 en Colombia



Nota. Breve línea del tiempo de los hitos más relevantes relacionados con la Industria 4.0.

Fuente. (Gerencia Analítica, 2020), (Procolombia, 2021), (Colombia Inteligente, 2023), (MinTIC, 2018)

Sin embargo, el proceso ha marcado la necesidad de adaptación y transformación de los sectores económicos claves del país, como lo es la salud, educación y manufactura, sin embargo, los desafíos a los que se enfrentan son notorios por la brecha significativa que van desde la falta de conocimiento, el miedo al cambio y los costos asociados a la implementación de las herramientas (Cepal, 2022).

Figura 2

Desafíos de la transformación digital



Nota. Síntesis de los desafíos que destaca Procolombia (2021).

De acuerdo al artículo “Industria 4.0 de Colombia, un origen que crea” Procolombia (2021) el país se enfrentó grandes desafíos con la pandemia, demostrando el gran potencial de desarrollo en el que se detecta la creatividad y el talento profesional. En particular ciudades como Bogotá y Medellín se destacan por dar impulso a las empresas con centros de innovación y fortalecimiento de la educación.

Es importante resaltar que todos los sectores económicos tienen la oportunidad de afrontar el reto de la transformación, sin embargo, no en todas las actividades económicas se ha

implementado al mismo ritmo y bajo las mismas herramientas. Según el informe de la ANDI (2019), se presenta los resultados de la encuesta de transformación digital, identificando los niveles de avance de los diferentes sectores.

Por lo anterior, es relevante contextualizar que las actividades económicas se clasifican según su naturaleza y función en la economía, Gaviria et al., (2023) permite resumir y comprender para cada sector las subdivisiones:

1. Sector primario: caracterizado por integrar las actividades que están relacionadas con el aprovechamiento directo de los recursos naturales, en el que se incluyen: minería, agricultura, ganadería, porcicultura, floricultura, caficultura, entre otros.
2. Sector secundario: en este se clasifican las actividades industriales que generan transformación de las materias primas, como lo son manufactura, construcción, agroindustria, entre otros.
3. Sector terciario: se refiere a la prestación de servicios por lo que abarca el comercio, servicios financieros, educación, salud, tecnología y turismo.

Por consiguiente, los avances han sido motivado en las empresas del sector privado sin distinción de actividad, sectores como la salud y la educación han sido pioneros en la adopción de tecnologías digitales, implementando servicios de atención remota, plataformas en línea y realidad virtual, lo que ha mejorado significativamente la accesibilidad y calidad de los servicios ofrecidos (Procolombia, 2019).

A pesar de estos avances, se destaca que la adopción de tecnologías no es uniforme en todos los sectores y tamaños de empresa, por lo que en la encuesta de transformación digital de 2019 revela que de las empresas participantes en la muestra el 71,7% de las empresas del sector servicios y el 54% del sector manufactura tiene estrategias de transformación digital. Además,

mientras que la computación en la nube es la tecnología más utilizada, pero la tecnología como la computación cuántica son desconocidas para un 40,2% de los empresarios (ANDI, 2019).

En este contexto, se resalta que Colombia ha tenido avances significativos en el acceso a internet, con un incremento del 63% de la población conectada en 2019, comparada con el 38% en 2014, sin embargo, solo el 27,5% de los hogares rurales tiene acceso a internet, en comparación con el 66,6% de las cabeceras municipales (MinTIC, 2020).

Lo que ratifica el informe “Analítica: Aproximación a la industria 4.0 y su contexto en Colombia” realizado por Gerencia Analítica (2020), el cual enmarca la necesidad de abordar estos desafíos se vuelve aún más evidente al considerar que las empresas no utilizan herramientas TIC, a pesar de que reconocen que es necesario para el desarrollo del negocio, enfrentado barreras que dificultan la implementación de una transformación digital exitosa incluyen el presupuesto limitado (59,2%), la falta de cultura (57,1%) y el desconocimiento (55,4%), por lo que superar estos obstáculos es indispensable para que Colombia aproveche las oportunidades que ofrece la cuarta revolución industrial (pp. 16-22).

Tabla 2*Sectores de la industria 4.0*

Sectores	Tecnologías	Estadísticas y avances	Desafíos
Manufactura	Automatización, robótica, IoT, Big Data	<p>El 63,5% de las empresas tienen estrategias de transformación digital.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementación de sistemas de producción automatizados. - Reducción del tiempo de inactividad de las máquinas. - Aumento en la eficiencia de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Integración de tecnologías para mantener la competitividad. - Altos costos de implementación. - Falta de infraestructura adecuada.
Agricultura	Agricultura de precisión, drones, sensores, IA.	<p>El 32% de las empresas tienen acceso a internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora en la gestión de los cultivos, optimización del riego y aplicación de pesticidas 	<p>Acceso limitado a tecnologías avanzadas en zonas rurales</p>
Minería	IoT, blockchain, drones, tecnología geoespacial	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización de dispositivos para mejorar la eficiencia operativas - Ensayos con tecnologías 5G 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas de seguridad y de conectividad. - Elevados costos de implementación
Servicios BPO y TI	Cloud Computing, Business Intelligence, IA,	<p>Las ventas digitales aumentaron en un 70% durante la pandemia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la competitividad empresarial.

	computación en la nube.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso extendido de tecnologías de la nube. - Análisis de datos para mejorar la eficiencia operativa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al cambio organizacional. - Brechas de ciberseguridad.
Moda y Retail	IA, impresión 3D, realidad aumentada, IoT, tejidos inteligentes y Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> - Ventas Online - Optimización del inventario. - Mejor experiencia a los clientes. 	Integración efectiva de tecnologías digitales en modelos de negocio tradicionales.
Salud	Telemedicina, Big Data para análisis clínico, robótica.	<ul style="list-style-type: none"> - Atención virtual 	Acceso equitativo a los servicios de salud. Escasez de personal capacitado.
Educación	Realidad virtual y aumentada. Plataformas digitales, IA.	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento del e-learning. 	Brechas entre zonas urbanas y rurales.

Nota. Resumen por sector o actividad de las tecnologías 4.0 más utilizadas. *Fuente.* (MinTIC, 2020)

Comparativa Internacional

Las tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial representan cambios significativos para la producción y la economía global, dicho fenómeno genera diferencias que le permiten destacar por el desarrollo industrial (Swan y Jurgens, 2018).

Tabla 3*Países líderes de la cuarta revolución industrial*

Posición	País	Tecnologías	Características claves
1	Japón	<ul style="list-style-type: none"> - Robótica avanzada - Internet de las Cosas (IoT) - Inteligencia Artificial (IA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto nivel de diversificación industrial - Tercer país líder en manufactura industrial. - Integración de tecnologías en la sociedad. <p>Desafío: Fuerza laboral envejecida</p>
2	Corea del Sur	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura 5.0 - IA y Big Data - Automatización industrial 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocido por su fuerte I+D con marcas globales. - Primer país en implementar redes 5.0 <p>Desafío: Habilidades críticas y digitales del talento humano.</p>
3	Alemania	<ul style="list-style-type: none"> - Manufactura aditiva (impresión 3D) - Digitalización de procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proactivo en la transformación digital y adopción de tecnologías avanzadas. - Fomenta la capacitación laboral y la innovación mediante iniciativas gubernamentales. - Las empresas reconocen la necesidad de estar a la vanguardia de la 4RI.
4	China	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento facial - IA y machine learning - Manufactura Inteligente 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor sector manufacturero del mundo desde 2010. - Implementación de la estrategia “iniciativa Made in China) para

			mejorar la complejidad y diversificación del sector. - Destaca la IA. Desafíos: Disparidad de la transformación digital entre empresas.
5	Estados Unidos	- IA y Big Data - Robótica avanzada - Impresión 3D	- Ecosistema robusto de innovación (Google y Apple) - Alto nivel de inversión en I+D, lo que impulsa los avances tecnológicos. - Fuerza laboral altamente educada. Desafíos: Habilidades digitales y acceso equitativo a la tecnología

Nota. Síntesis de comparativo entre los países líderes de la transformación digital. *Fuente.* (Swan y Jurgens, 2018).

Conclusión: Avances, Desafíos y Futuras Direcciones

Desde el inicio de la revolución industrial hasta la aplicación, se ha mostrado a nivel mundial como la tecnología es clave para el progreso de la sociedad, impactando los diversos sectores económicos en pro de la eficiencia, productividad y la innovación, sin embargo persisten vacíos significativos en el camino de la transformación.

En Colombia, la transformación ha sido impulsada por la necesidad de competir en el mercado, y esto ha llevado a que el gobierno impulse con la creación de políticas y el dinamismo de las grandes ciudades como Bogotá y Medellín que han creado centros de innovación. Sin embargo, persiste brecha digital entre zonas urbanas y rurales, ya que a hoy falta infraestructura tecnológica adecuada y algunas empresas y personas culturalmente tienen resistencia al cambio.

Ahora bien, en la revisión es notable que faltan datos detallados y actualizados de sobre la adopción de las diferentes tecnologías seccionados por grupos de actividades, aunque se han identificado avances y desafíos generales, es indispensable conocer de forma completa cómo ha sido la transición a dichas herramientas y los resultados obtenidos.

Es crucial abordar las implicaciones éticas y sociales que se han generado con la adopción de las herramientas, como lo es la seguridad de los datos, la privacidad y el impacto a nivel laboral. A medida que la automatización y digitalización avanzan, se requiere garantizar que cada uno de las herramientas impacte a todos los sectores económicos, y de igual forma analizar las medidas para mitigar los posibles efectos negativos.

Finalmente, el camino hacia la Industria 4.0 en Colombia requiere de un enfoque colaborativo entre las empresas, los gobiernos, instituciones académicas y la sociedad, ya que sólo mediante la inversión en infraestructura, educación y capacitación, así como de políticas que fomenten la innovación, la inclusión e impulsen económicamente, para así aprovechar el

potencial de transformación digital y construir un futura más próspero y equitativo para todos los colombianos.

Marco Metodológico

Diseño de Investigación

La monografía se desarrolló bajo el enfoque cualitativo, que como indica Hernández et al. (2015), “se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación al contexto”, generando una revisión documental que permitió reconocer y abordar la problemática descrita.

Por lo anterior, la revisión contempló un análisis descriptivo basado en investigaciones previas relacionadas con la temática, extrayendo los criterios que permitieron dar respuesta a los objetivos planteados, proporcionando un marco contextual actualizado para identificar los avances y desafíos de la transformación digital en las empresas colombianas.

Población Objeto

La población objeto de estudio en esta investigación se constituyó por los estudios publicados en español, entre el 2020 -2024, alineados con el tema de investigación, para lo que se realizó la filtración por medio de la determinación de criterios que permitieron dirigir y limitar la muestra para el estudio y el desarrollo de los objetivos propuestos. Por lo que el protocolo aplicado fue estructurado en la cronología de los documentos.

Tabla 4

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios	Inclusión	Exclusión
Palabras claves	Industria 4.0, transformación digital	
Población	Empresas pequeñas y medianas de diferentes actividades económicas.	Grandes empresas

Tipo de publicación	Tesis de grado, artículos científicos	Blogs, publicaciones informales
Disposición	Texto de libre acceso	Documentos protegidos
Idioma	Español	Ingles u otro idioma
Periodo	2020-2024	Anteriores y posteriores a la cronología descrita.

Nota. Se relacionan los criterios que de forma subjetiva permiten el desarrollo investigativo.

Técnicas de Recolección de la Información

El proceso de búsqueda se desarrolló por medio de la localización de información de bases de datos electrónicas confiables como lo son Google Academic, Redalyc y los repositorios publicados por instituciones educativas, bajo esta estrategia fue necesario aplicar como motor de búsqueda palabras claves: industria 4.0, empresas colombianas, cuarta revolución industrial, tecnologías digitales y transformación digital, adicional se utilizaron operadores como AND, WITH y OR, para poder filtrar la información.

Instrumento

Los documentos que fueron hallados se analizaron en una ficha bibliográfica, con el objetivo de clasificar y analizar los documentos de forma individual.

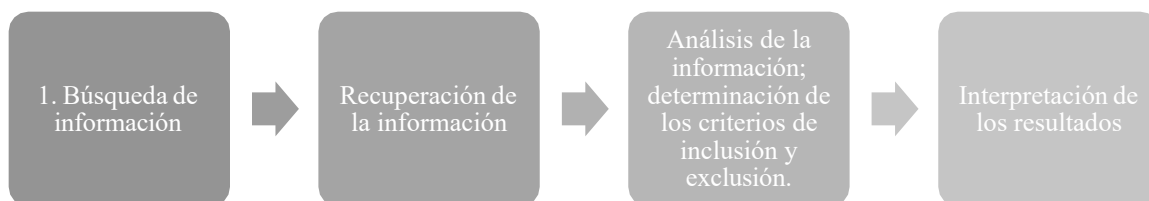
Tabla 5*Modelo Ficha de análisis bibliográfico*

Año	Tipo de publicación	Autor	Título	Objetivo	Población	Tipo de estudio	Resultado	Conclusión	Link

Nota. Ficha usada en el análisis. *Fuente.* propia.

Procedimiento

Para el desarrollo metodológico se aplicaron 4 fases secuenciales después de la selección, del planteamiento del problema y contextualización de la teoría, que permitieron plantear los objetivos y elegir la metodología adecuada, concluir con las fases para la recolección de los datos.

Figura 3*Fases de investigación*

Nota. Síntesis de las fases aplicadas

Aspectos Éticos

En la presente revisión, se consideraron diversos criterios éticos que respaldan la originalidad del estudio. Se mantuvo el debido respeto por la propiedad intelectual al citar y

referenciar adecuadamente a cada autor del cual se extrajo información para la construcción de la investigación tal como lo establece la American Psychological Association (APA, 2010). Esto demuestra el cumplimiento de la ley 1032 de 2006 con la práctica responsables de investigación, bajo la cultura de responsabilidad al evitar la copia, plagio o apropiación indebida de información, y asegurando la idoneidad del trabajo realizado.

Análisis de los Resultados

En el desarrollo investigativo sobre los avances y desafíos de la industria 4.0 en Mipymes colombianas, se ha llevado a cabo una revisión y análisis documental de 30 documentos.

Revelando que el 57% de los documentos son publicados en los repositorios universitarios, seguido por el 30% se ubican en revistas indexadas y el 13% en revistas no clasificadas, lo que sugiere la diversidad de fuentes consultadas y la relevancia del tema.

En cuanto al año de publicación se resalta que el 2023 con 9 publicaciones y el 2020 con 7 artículos, fueron años importantes en la investigación de tecnología ya que se encontraron con un enfoque significativo en las Mipymes y el sector servicios, resaltado la necesidad de las empresas por conocer a profundidad el proceso de transformación digital para mejorar la competitividad y la eficiencia operativa, así como generar propuestas para superar los obstáculos y fomentar la innovación tecnológica en los diferentes sectores económicos del país.

Ahora bien, en el 2022 y 2024 cada año registró 5 artículos los cuales abordan la evolución de la adopción tecnológica y la implementación de soluciones para la industria agraria y farmacéutica. Y la menor participación la obtuvo el año 2021, con un total de 4 documentos en los que converge como tema central los desafíos enfrentados por las empresas en el proceso de digitalización, así como la identificación de herramientas específicas que le permiten a las organizaciones mejorar sus procesos.

Es importante resaltar que los diferentes autores convergen en que las dificultades de las empresas se dan por la limitación financiera y la falta de capacitación, lo que no les permite una integración plena de las tecnologías avanzadas.

Adicionalmente, la caracterización de la información se realizó por temáticas, lo que permitió la identificación de las herramientas y los sectores colombianos, abarcando desde el

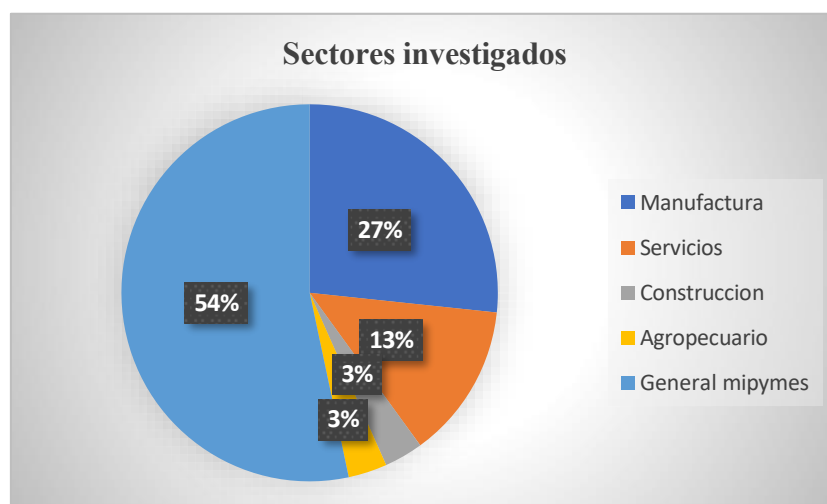
proceso de implementación, las estrategias y los desafíos que han identificado los investigadores, para determinar los avances que se presentan en el país, este enfoque facilita la extracción de información valiosa para el cumplimiento de los objetivos.

Análisis de los Sectores Económicos en Colombia

En cuanto a la tendencia de investigación enfocada en los sectores productivos se destaca que los autores tienden por estudiar específicamente 4 sectores: servicios, manufacturero, agroindustria y construcción.

Figura 4

Sectores investigados



Nota. Síntesis de sectores identificados con mayor incidencia de revisión científica.

Sector Manufacturero

De acuerdo a lo anterior, se muestra que el sector manufacturero destaca con una participación del 27% siendo uno de los más activos en la adopción de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial, dada la creciente preocupación por la automatización y la implementación

de fábricas inteligentes, buscando mejorar la eficiencia y la competitividad en un mercado cada día más globalizado.

Por lo que el estudio de Ladino et al (2022) reveló que la pandemia por el COVID 19 influyó en la forma de trabajar de las empresas de este sector, ya que se vieron afectadas por la crisis sanitaria, forzando a detener operaciones y a reinventarse en su modelo de negocio para responder a los desafíos económicos, acelerando la implementación de tecnologías digitales.

En este contexto, la implementación de herramientas como IoT, computación en la nube, Big Data y la automatización de procesos es una estrategia clave para optimizar la gestión ya que permiten identificar fallas y hacer frente a las demandas del mercado, facilitando la toma de decisiones de forma oportuna (Araque y Giampietro, 2023).

A pesar de los avances, Almeida y Villalba (2021) resalta que el sector manufacturero sigue enfrentando varios obstáculos para adoptar las herramientas que han surgido en esta nueva era tecnológica. Por lo que uno de los mayores desafíos es la necesidad de invertir en infraestructura tecnológica y en la capacitación de la fuerza laboral, siendo una tarea que presenta dificultades para acceder a los recursos necesarios para esta transición.

Lo que coincide, con los resultados de Tarazona y Gómez (2023) las empresas deben modernizar los sistemas de producción y aún carecen de las herramientas para lograr automatizar a gran escala, para aprovechar todos los beneficios que ofrecen estas herramientas, por lo que la transformación pretende reducir costos y minimizar el impacto que el desarrollo de productos tiene para el ambiente.

En cuanto a los beneficios de la adopción de tecnologías como lo es la automatización y la fabricación inteligente Ladino et, al (2022) destaca que se mejora la productividad con una reducción de tiempos de producción y optimización de recursos, además se reducen de manera

drástica los errores humanos, se mejora el control de calidad y aumenta la eficiencia de la cadena de producción.

Sector Servicios

Además, se encuentra una participación del 13% para el sector servicios con claras muestras de interés por la digitalización y la optimización de los recursos, en primer lugar para mejorar la experiencia de los clientes, generado mayor agilidad en los procesos y la personalización de los servicios. Por lo que los estudios incluyen empresas de software, farmacéuticos, hospitales y otros servicios profesionales, centrándose en mejorar la agilidad de los procesos y la personalización de los servicios.

Por lo que, de acuerdo a Mejía et al (2020) el objetivo de la implementación de nuevas tecnologías no sólo se ha enfocado en mejorar la calidad de los servicios, sino también en crear valor con herramientas que faciliten la gestión y el análisis de datos, generando soluciones rápidas y eficientes, para de esta forma aumentar la competitividad en el mercado.

A pesar de los avances, el sector servicios presenta retos significativos en ciberseguridad y la gestión de datos, elementos claves para la digitalización. De acuerdo al estudio de Cárdenas et al (2023) destacan que muchas empresas que se digitalizan enfrentan dificultades para garantizar la seguridad de la información, exponiéndose a riesgos como fuga de datos sensibles de clientes y ataques de ransomware (secuestradores de información), siendo un aspecto crítico para las empresas de la salud, donde la protección de datos es clave para la confidencialidad de la información, cumpliendo también con los requisitos legales.

Además, las empresas del sector tienen falencias por falta de conocimientos sobre cómo integrar las herramientas tecnológicas que faciliten la gestión, el estudio realizado por Grajales et al (2023) refiere que a pesar de la implementación de tecnologías avanzadas en algunos

hospitales, la falta de capacitación y de infraestructura adecuada sigue siendo un obstáculo para que se dé una digitalización efectiva. Considerando que se resalta que en Colombia muchos de los hospitales ubicados en zonas rurales no tienen acceso a internet o tecnología diagnóstica de punta, lo que limita la posibilidad de ofrecer servicios de salud avanzados, como lo es la telemedicina o el diagnóstico remoto.

Por otro lado, menciona Téllez et al (2023) que la adopción de plataformas basadas en analítica de datos ha revolucionado la manera en que las empresas se relacionan con los clientes y se gestiona la información, por lo que las herramientas como los asesores virtuales permite dar respuestas de forma rápido, reduciendo los tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa. Lo que no solo beneficia a los usuarios, sino a las empresas ya que permite la toma de decisiones con datos actualizados, generando ventajas competitivas frente a modelos tradicionales.

Ahora bien, los beneficios de la digitalización son esbozados en las mejoras notables de la eficiencia operativa y de la experiencia del cliente, ya que con la automatización de los servicios y la integración de plataformas, se aumenta la satisfacción de los usuarios, cabe resaltar, que las barreras de infraestructura, económicas, de seguridad y talento humano dificultan la adopción de tecnologías lo que retrasa la capacidad del sector para aprovechar todos los beneficios de la digitalización.

Sector Agropecuario

Aunque la participación del sector agropecuario en los documentos se situó en el 3%, se presentan hallazgos potenciales que benefician a este tipo de empresas, con tecnologías como el Big Data, IoT y la automatización, como por ejemplo uso de sensores y sistemas de monitoreo para la fertilización de cultivos, herramientas que permiten mejorar la productividad, mejorar la cadena de suministro y generar procesos sostenibles.

En consecuencia, la aplicación de estas tecnologías en la agricultura ha mostrado avances significativos en la eficiencia de la cadena de frío y la optimización en el uso de recursos como el agua y fertilizantes.

El sector agropecuario constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del país, se resaltan los beneficios económicos, sociales y ambientales, comprobando que las tecnologías 4.0 mejoran la eficiencia y la rentabilidad del sector, por ejemplo, Villamizar et al (2024) manifiestan que el uso de agricultores de precisión ha ayudado a reducir costos y aumentar la productividad, a la vez que ha disminuido el impacto ambiental, contribuyendo a producciones más sostenibles.

Sin embargo, existen varios retos para la implementación de estas tecnologías en el sector. Según Villamizar et al. (2024) las características propias del sector, como la resistencia al cambio, falta de capacitación y falta de acceso a servicios tecnológicos adecuados, limitan el acceso de implementación y disparidad entre las empresas.

Además, se resalta que para el sector es una necesidad las reformas políticas y el uso de nuevas tecnologías que impulsen el desarrollo de actividades apoyados en la nueva era digital, estos incluyen subsidios y créditos que permitan superar los desafíos económicos por los costos

iniciales que se deben hacer para las tecnologías, lo que es difícil asumir para pequeños y medianos productores.

Sector Construcción

Finalmente, la participación de las investigaciones que giran en torno al sector construcción es del 3%, donde se ha comenzado un plan de exploración sobre la digitalización de los procesos mediante la modelación de la información de la construcción, con el objetivo de que se pueda mejorar la planificación y ejecución de obras. Sin embargo, la implementación de nuevas tecnologías ha sido limitada debido a factores como lo es el presupuesto elevado para la adquisición de maquinaria optimizada, la falta de personal capacitado, las dificultades para automatizar los procesos manuales y los obstáculos culturales para integrar la tecnología con las prácticas tradicionales del sector.

En el estudio realizado por Galán (2022) se resalta el bajo nivel de preparación para enfrentar los desafíos asociados a la adopción de herramientas tecnológicas de la industria 4.0, así como también un bajo nivel e inclusive inexistente los avances de implementación de soluciones avanzadas, encontrando que el 97% de las empresas no las han asociado a su modelo de trabajo, a pesar de lo anterior, se identificó que los esfuerzos por parte de los empresarios están encaminados a la implementación de Big Data, modelado de información de construcción (BIM) e inteligencia artificial enfocado en el diseño y la gestión de proyectos.

Es importante destacar las ventajas que tiene el sector de la construcción al integrar herramientas como lo son los sistemas ciberfísicos, IoT, Big Data, construcción modular, simulación, robots especializados y la impresión 3D, ya que estas herramientas mejoran la eficiencia al garantizar procesos más ágiles y precisos, así como optimizan la toma de decisiones a lo largo del proceso. Así pues, la implementación debe ser gradual con la posibilidad de ir

adoptando la innovación conforme las empresas superen las barreras económicas y de infraestructura.

Herramientas y Tecnologías Adoptadas

En el despertar de las MiPymes se destacan diferentes herramientas que en Colombia han tenido mayor auge para implementar en sus procesos, por lo que es fundamental nombrar y reconocer el impacto en la transformación digital en pro del crecimiento empresarial.

En este sentido, la adopción de tecnologías como IoT, análisis de datos y automatización de procesos en el contexto de la manufactura inteligente le permite a las empresas optimizar la producción, mejorar la competitividad y adaptarse a los cambios que se dan en el mercado, ya que logran reducir costos, analizar tendencias y mejorar la calidad de sus productos y servicios (Bayona et al., 2022).

Además, el auge del comercio electrónico y las plataformas electrónicas ha ampliado el mercado potencial, permitiendo a las empresas competir en otros mercados, lo cual ha sido aprovechado por las más grandes empresas y con mayores recursos, mientras que las pequeñas y medianas empresas enfrentan obstáculos significativos (Rojas et al., 2020).

Por lo que la adopción de tecnologías por parte de las MiPymes colombianas ha sido un proceso progresivo, donde las herramientas digitales juegan un papel clave en el desarrollo empresarial, entre las principales tecnologías que resaltan por tener mayor adopción, se analizan los usos y los beneficios asociados a la implementación.

Tabla 6*Principales herramientas tecnológicas de la industria 4.0*

Herramienta	Uso	Beneficios
Internet de las cosas (IoT)	Implementación de dispositivos para el monitoreo y la gestión de procesos en tiempo real.	Gestión más eficiente de recursos, reducción de costos operativos y mejoras en la productividad.
Big Data – Computación en la nube	Uso de herramientas para interpretar grandes volúmenes de información sobre el comportamiento del cliente y las tendencias de mercado.	Toma de decisiones informadas, personalización de productos y servicios.
Automatización de procesos	Implementación en áreas como producción y gestión administrativa utilizando maquinaria automatizada.	Reducción de tiempo de producción, minimización de errores humanos y mejora la calidad de la producción.
Sistema de gestión empresarial	Adopción de sistemas de información con integración de funciones como finanzas, recursos humanos y operaciones en una única plataforma.	Mejora en la visibilidad de procesos, optimización de gestión de recursos y facilidad en la toma de decisiones
Comercio electrónico y plataformas digitales	Desarrollo o mejora de plataformas para facilitar ventas en línea y captar más público.	Ampliación del mercado potencial y adaptación a nuevas tendencias del mercado, mejorando la competitividad.
Inteligencia artificial (AI)	Mejorar la atención al cliente mediante chatbots o sistemas de recomendación personalizados.	Servicios más ágiles y personalizados, aumento en la

		satisfacción del cliente y fomento a la lealtad.
Sistemas de geolocalización	Utilización de tecnologías para optimizar logística y distribución de productos.	Mejora en la eficiencia en entregas, reducción de costos de transporte y mejor planificación de rutas.

Nota. Descripción de las herramientas que son utilizadas en las empresas colombianas.

En las investigaciones estudiadas se coincide que las MiPymes colombianas han encontrado en la adopción de herramientas tecnológicas una oportunidad para crecer y transformarse a las nuevas tendencias digitales, ya que la implementación no es opcional, sino una necesidad. Tal como se ha enfatizado, la integración avanzadas no solo mejora la eficiencia y competitividad de las empresas, sino que también le permiten enfrentarse de manera más efectiva a los desafíos como la alta competencia, la demanda de nuevos productos y los servicios más personalizados.

No obstante, el recorrido hacia una manufactura inteligente se debe realizar estratégicamente, por lo que Pacheco (2020) define tres líneas para transformar los procesos y eso implica en primer lugar revisar y reorganizar el plan de trabajo, que incluye la alineación de la cultura organizacional, seguido por la investigación, la implementación y el desarrollo de los procesos inteligentes de acuerdo a las necesidades de la empresa y por último, la comunicación interna entre los diferentes niveles de la organización.

Proceso de Implementación de la Producción Digital

El avance hacia la digitalización de los procesos de producción es una tarea compleja pero no imposible, Saavedra (2022) asegura que se requiere de una planificación metódica y ejecución precisa para garantizar la eficiencia en la organización. Por lo que dicha

transformación se debe gestionar de forma tal que se alineen las capacidades internas con las necesidades externas.

De acuerdo a Chalarca et al., (2020) la fase inicial de exploración refleja el interés por parte de los gobiernos, industrias y academias por facilitar la transición de las empresas hacia la digitalización, impulsando el desarrollo de modelos colaborativos y prácticas efectivas para acelerar y asegurar la efectividad de dicha transformación.

Aunque existen metodologías o marcos de referencia para la implementación de acuerdo a las características organizacionales, en el desarrollo de la monografía se han encontrado puntos clave y coincidentes que sirven de guía para la implementación de las tecnologías emergentes, facilitando la sensibilización de los empresarios, la integración de la información y la adaptación de la infraestructura a las necesidades.

Fases del Proceso de Implementación

Por lo anterior, la exploración teórica permitió identificar diferentes fases para el proceso, cada una con objetivos y actividades específicas, las cuales le permiten a las empresas una transición ordenada y efectiva (Chalarca et al, 2020).

Planificación y diagnóstico etapa inicial en el que la empresa realiza un diagnóstico profundo de la situación actual, en el que se identifiquen las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas, evaluando cada uno de los procesos que realizan, la infraestructura tecnológica y el nivel de preparación del personal (Gil y Colorado, 2020). Por lo que es crucial en esta fase la identificación de las áreas que obtendrían mayores beneficios de la digitalización, como la gestión de inventarios, la automatización de tareas repetitivas y la mejora en la atención al cliente.

Otro aspecto importante lo rescata Pico (2021) al señalar la necesidad de definir un plan estratégico que incluya los objetivos, plazos, recursos y posibles desafíos a superar. Esta fase es esencial para asegurar que las decisiones sean tomadas de acuerdo a la necesidad y las especificaciones de la empresa.

Evaluación y selección de herramientas tecnológicas con un diagnóstico y objetivos claros, se deben evaluar las diferentes alternativas que ofrece la industria 4.0, por lo que las empresas deben definir un grupo para investigar y generar el modelo evaluativo para que sea más fácil comparar y seleccionar la herramienta, de ahí que es importante que se documente el proceso de integración con los sistemas existentes y la escalabilidad de las soluciones (Almeida y Villalba, 2021).

Implementación y Capacitación en esta fase las empresas ejecutan el proceso de implementación e integración de los procesos de producción existentes, por lo que es necesario un plan detallado para la implementación, para minimizar los errores en el proceso (Rueda, 2023).

Otro aspecto crucial es el plan de capacitación, ya que los colaboradores deben familiarizarse con las herramientas digitales, de acuerdo a Tarazona y Gómez (2023) la capacitación debe ser continua y adaptada a las necesidades, fomentando un cambio en la cultura organizacional para que se tenga aceptación y el cumplimiento de los objetivos.

Pruebas y Ajustes después de la implementación de la herramienta es necesario realizar pruebas de funcionamiento, ya que esto permite identificar posibles fallas o problemas de integración de los procesos e inclusive áreas de mejora, para con base en esto determinar las actividades que permiten ajustar la implementación de las tecnologías (Chalarca et al., 2020).

Evaluación y Seguimiento Si bien es cierto que la ejecución se ha completado, la última etapa determina que el proceso de adaptación de tecnologías para las empresas requiere de un constante seguimiento y evaluación del impacto, productividad, eficiencia y competitividad. De acuerdo a Riasco y Aguilera (2023) es importante definir indicadores claves de desempeño (KPIs) para que las empresas puedan medir el éxito de las decisiones tomadas y hacer los ajustes periódicos para optimizar el uso de las herramientas, siempre con el objetivo de garantizar una evolución sólida.

Enfoques Estratégicos para la Transformación Digital

A su vez, con la revisión documental se identificaron estrategias relacionadas con la implementación de las tecnologías que permiten transformar los negocios, destacando que la apuesta de las empresas es establecer una gestión eficaz y sostenible en el contexto actual.

De acuerdo a Pacheco (2022) es indispensable seguir un plan estructurado en el que se incluye la evaluación de las capacidades organizacionales, así como la investigación para la identificación de oportunidades y desafíos, que permitan generar un análisis y de esta forma proceder con una alineación estratégica y operativa para el desarrollo de estos nuevos procesos, generando una alineación con la cultura organizacional, potenciar el crecimiento y la competitividad en el mercado.

Por su parte, la investigación de Chalarca y Hurtado (2020) destacan que las empresas han aplicado el modelo Canvas el cual les ha permitido a las empresas evaluar la viabilidad y eficiencia de la propuesta de implementación de nuevas tecnologías. A la vez, el autor García (2019) mencionan la metodología de transformación digital (303P) es esencial para realizar el análisis actual, la definición de las necesidades y la definición de estrategias óptimas para que las empresas se adapten al cambio emergente.

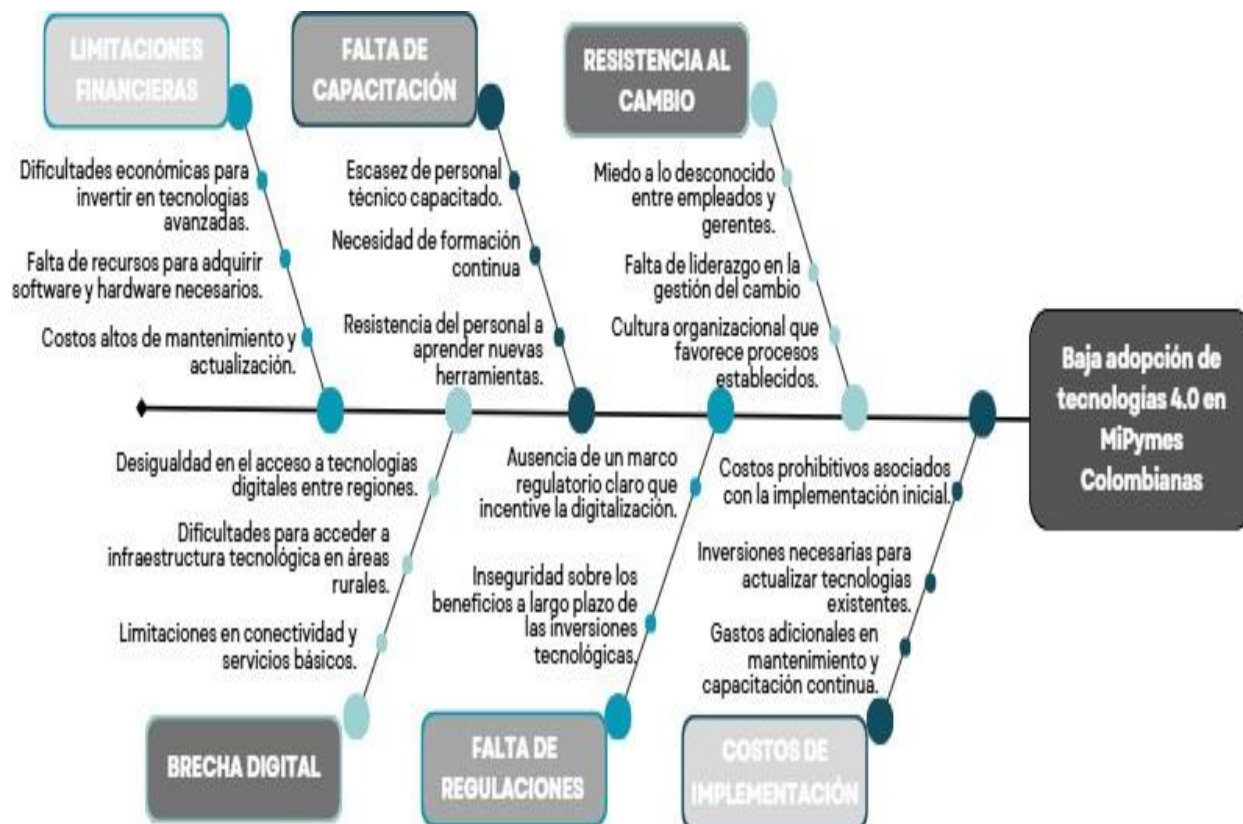
También, se resalta que la Asociación Multisectorial de Empresas de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Electrónica de España, ha generado un enfoque integral centrado en el cambio cultural, así como la preparación empresarial para enfrentar los retos del mercado y el reconocimiento de las diferentes herramientas disponibles, con el objetivo de que se tomen decisiones asertivas y de esta forma maximizar los beneficios que estas ofrecen (AMETIC, 2020).

Finalmente, León et al., (2021) revelan que diferentes autores coinciden que es necesario invertir en la capacitación del personal ya que esto juega un papel importante en el desarrollo de la propuesta y la introducción de las herramientas tecnológicas.

Desafíos en la Implementación de Tecnología 4.0

En el contexto colombiano, las investigaciones permite sintetizar los obstáculos o desafíos que limitan la incorporación de las herramientas tecnológicas en las empresas clasificadas como pequeñas y medianas (Mipymes), revelando desafíos diversos como las limitaciones financieras para la implementación, la escasez de formación técnica, resistencia al cambio, desigualdad en el acceso a las tecnologías, ausencia de regulaciones adecuadas y acceso limitado a cursos específicos, factores que afectan la competitividad y la sostenibilidad a largo plazo, ya que esto puede generar riesgos de quedar rezagada y desaparecer del mercado (León et al., 2021).

Estos hallazgos que resaltan la preocupación de la academia por las dificultades que enfrentan las empresas en el proceso de implementación y mantenimiento de las tecnologías, las cuales son herramientas claves para optimizar la gestión organizacional.

Figura 5*Diagrama Causa y efecto*

Nota. Representación gráfica de los obstáculos identificados por los diferentes autores partiendo de la revisión documental.

Barreras Económicas

Es de destacar que las limitaciones económicas resaltan como un factor común denominador en las investigaciones, especialmente en las MiPymes se considera que los altos costos de inversión inicial derivados de los equipos, software y las capacitaciones al personal dificultan la transición hacia el desarrollo. Según afirma el estudio de León et al (2021), la muestra de empresarios menciona que se tiene un déficit presupuestal, así como riesgos

asociados al cambio de tecnología obsoleta, siendo elementos que no permiten que se tomen decisiones estratégicas relacionadas con la implementación de herramientas tecnológicas.

Tal como se mencionó, los costos de capacitación son un desafío ya que las empresas deben invertir recursos en formar el personal para que manejen las herramientas, con la incertidumbre de que el recurso humano tenga rotación, aumentando la carga económica.

Otra de las dificultades que se generalizan para las Mipymes son el acceder a financiamiento para la adquisición de nuevas tecnologías, ya sea por parte de los proveedores de las herramientas o por agentes externos, como lo son las entidades bancarias o fondos de inversión (Peñalver y Isea, 2024).

Finalmente, es importante resaltar que aunque el gobierno ha generado incentivos como los subsidios, ahí una brecha en la falta de incentivos fiscales así como también en el acceso a los subsidios, ya que los empresarios refieren exigencias que se salen de las posibilidades para poder acceder a estos (Berrio et al., 2020).

Barreras Culturales y Organizacionales

En el análisis se resalta la importancia de prácticas relacionadas con el capital humano, ya que este tiene influencia de manera positiva o negativa para la adopción de tecnologías avanzadas, de ahí que se mencione reiterativamente la resistencia al cambio, una práctica que se limita principalmente por la falta de preparación y disposición de los empleados hacia la transformación (Mejía y Bohórquez, 2020). Ya que como todo cambio genera temores por la automatización de procesos, mitos sobre la pérdida del empleo o dificultades en la adaptación al manejo de las herramientas.

Adicionalmente, menciona Pacheco (2020) que la estructura organizacional en las pymes no genera planificación adecuada, debido a la falta de experiencia y compromiso para gestionar

el proceso de transformación digital, deficiencia que se traducen en falta de visión estratégica y desconocimientos sobre las ventajas que las tecnologías de la industria 4.0 pueden ofrecer a las empresas, limitando así la capacidad para adaptarse e inclusive incursionar en la implementación de alguna nueva herramienta.

Barreras Tecnológicas

La investigación de Riasco y Aguilera (2024) encontró que la variable con menor aporte es la tecnológica, confirmando que elementos como la falta de infraestructura de conectividad genera limitaciones para la implementación, afectando directamente las capacidades para mejorar sus sistemas de gestión. Esta barrera se encuentra ligada con los factores limitantes anteriormente descritos como lo son los recursos y la cultura organizacional.

Lo anterior coincide con lo descrito por Villamizar et al. (2024), cuya principal preocupación es el análisis situacional del sector agropecuario, encontrando que la falta de industrialización en las zonas rurales genera una brecha significativa para la adopción de herramientas tecnológicas que permitan la mejora continua.

Oportunidades y Beneficios en la Implementación de Tecnología 4.0

De acuerdo al análisis documental la implementación de tecnología 4.0 en las Mipymes colombianas es una oportunidad significativa para impulsar la competitividad y el crecimiento en el mercado nacional e inclusive incursionar en el mercado internacional, por lo que adoptar las nuevas tecnologías las empresas optimizan los procesos, se facilitan los procesos laborales, se reducen los costos operativos y se obtienen mejoras en la eficiencia operativa para lograr competir de forma equitativa en el mercado.

Además, Tellez et al. (2023) menciona que la tecnología 4.0 facilita la innovación y el desarrollo de nuevos productos y servicios, ya que abre nuevas oportunidades de mercado, se mejora la experiencia, la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa, lo que impacta de forma positiva en el cumplimiento de los objetivos.

Mejora en la Eficiencia Operativa

La implementación de tecnología 4.0 le permite a las empresas optimizar de forma significativa los diferentes procesos operativos y administrativos, siendo una herramienta que les ofrece mejorar su eficiencia de forma integral (Cabana et al., 2023). Por lo que, la automatización de los procesos es uno de los principales beneficios, tal como señalan León et al (2021) que lo que son las tareas repetitivas, manuales y políticas se realizan y se difunden de forma más rápida y precisa, reduciendo los errores humanos.

Además, los sistemas de información avanzados que integran diferentes procesos organizativos, le permiten a las empresas generar control para optimizar la gestión de la cadena de valor, optimizando la producción con una gestión eficiente de inventario, minimizando desperdicios, así como el manejo adecuado del personal, de las finanzas y el relacionamiento de clientes (León et al., 2021).

Ahora bien, por ejemplo el uso de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) le permite a las empresas realizar seguimiento en tiempo real a los materiales y por ende a la gestión de los productos, con lo que se realizan análisis predictivos para anticipar las demandas y las fluctuaciones del mercado, facilitando no sólo la gestión logística sino también la toma de decisiones (Bustos et al., 2024).

Innovación y Desarrollo de Nuevos Productos

Los estudios evidencian que la ejecución de proyectos tecnológicos en las organizaciones es una oportunidad para incorporar nuevos productos en el portafolio, así como diseños innovadores, ya que la tecnología ofrece variedad de herramientas que se pueden ajustar a las necesidades, siendo claramente positivo para mejorar los productos (Domínguez y Luque, 2023).

Según Cárdenas et al. (2023) quienes indican que herramientas como las simulaciones, IoT y el modelado 3D permiten sofisticar los servicios y productos ofertados, brindando nuevas experiencias para los clientes y mejorando la atención personalizada, con lo que las empresas se benefician en una mayor fidelización y satisfacción de los clientes.

Además, con el incremento de la capacidad de analizar información en volumen, las Mipymes pueden revolucionar el servicio, brindando soluciones innovadoras y que sean adaptadas a las tendencias del mercado tanto nacional como internacional. Este tipo de innovación mejora la competitividad y facilita la entrada a nuevos nichos de mercado.

Competitividad en el Mercado Global

El desarrollo de la tecnología 4.0 se apalanco después de la pandemia por el COVID 19 ya que obligo a las empresas a incorporar herramientas que les permitiera mejorar su visualización en el mercado, con un incremento en los últimos años de las empresas que han implementado plataformas de comercio electrónico, chatbots y redes sociales, para mejorar la atención a los clientes y de esta forma mantenerse competitivas durante el tiempo de crisis (Rueda, 2023).

Por lo anterior, una de las huellas más significativas que está dejando la industria 4.0 es la facilidad de competir en el mercado internacional, pues la conectividad ofrece establecer relaciones directas con clientes en otros países, lo que ha ampliado el alcance y la visibilidad

empresarial, facilitando la expansión de los mercados, definición de las estrategias de comercialización y de esta forma generar un crecimiento efectivo de la empresa (Riasco y Aguilera, 2023).

Estudios de Caso de Implementación de la Industria 4.0

En marcado en los casos de éxito, se logró identificar 3 estudios que subrayan los beneficios que obtuvieron las organizaciones de diferentes sectores al implementar tecnologías de la industria 4.0, por lo que cada una incorpora en su estructura productiva, herramientas específicas que se ajustan a las necesidades que identificaron.

Caso 1: Implementación de Herramientas de la Industria 4.0 en una Empresa del sector Manufacturero

Quintero et al., (2022) centraron su investigación en la evaluación del impacto que obtuvo la empresa VMH Consultores, dedicada a la gestión de proyectos eléctricos, con la implementación del sistema de información ERP (Enterprise Resource Planning) siendo este una pieza fundamental para contrarrestar los problemas que surgieron debido a la alta demanda que la empresa ha tenido desde 2013, lo que resulto en un incremento del 500% en el volumen de ventas. En el contexto organizacional se relacionaron fallas en el manejo de altos volúmenes de información por multiplicidad de información, desactualización de datos y errores en las verificaciones de los ingresos y salidas de los productos.

Por lo que la empresa incorporo como solución el software ERP Odoon en el que se integraron los procesos estratégicos, operativos y tácticos, estos fueron sometidos a evaluación por medio de indicadores, revelando una mejora significativa en los procesos dadas las características del sistema el cual permite acceder fácilmente a la información por lo intuitiva que es la navegación. Los resultados incluyeron mejoras en el proceso de fabricación,

seguimiento y control de los productos, reducción de tiempos de entregas, cumplimiento a las expectativas de los clientes y mejoras en la planeación de la producción. Lo anterior se traduce en una mejora de la rentabilidad del 126%, considerando la eficiencia del control de la producción y del inventario. Cabe resaltar, que los autores proponen implementar una plataforma de soporte y capacitación para fortalecer el manejo del sistema.

Caso 2: Implementación de Herramientas de la Industria 4.0 en una Empresa del sector Agroindustrial

Para el sector servicios Galindo (2022) examinó la inclusión del software SAP (Systems Applications and Products in Data Processing) en Instituciones de Educación Superior, con el software se integran IoT, Big Data y la inteligencia artificial. Herramienta que cumple un papel importante, ya que permite gestionar la información con la articulación de diferentes módulos, centralizando de esta forma la información, convirtiéndose en una estrategia para gestionar de forma eficiente los recursos y la atención al cliente.

Además, las entidades articulan plataformas estudiantiles generando transparencia y facilidad en el acceso de información, reforzando la necesidad de ajustar los procesos de aprendizaje tradicionales con la incorporación de campus y laboratorios virtuales, transformando no solo el proceso administrativo sino el acceso a la educación.

Caso 3: Implementación de Herramientas de la Industria 4.0 en una Empresa del sector Servicios

Con relación a la incorporación de la industria 4.0 en el sector agropecuario, la investigación de Tellez et al., (2023) relacionan el caso de éxito de la empresa Prisma dedicada al cultivo de arroz, la cual ha incorporado en los diferentes procesos productivos y administrativos. La empresa utiliza diferentes herramientas para la perdurabilidad

organizacional, como el Big Data para el área comercial y el Blockchain para el manejo de pagos electrónicos, lo que ha fortalecido la gestión y la competitividad.

Los autores resaltan que la actualización y la adaptación han sido factores internos claves para satisfacer las necesidades del mercado, además de actualizar maquinaria que incluyen sensores IoT para el monitoreo de cultivos y la optimización del riego, lo que mejoró la eficiencia de la producción.

Discusión

Los resultados de la revisión bibliográfica revelan alta preocupación de los investigadores por contextualizar la industria 4.0 en el ámbito empresarial, de ahí que se incluyan estudios enmarcados en la implementación, metodologías, tendencias, desafíos y oportunidades que tienen específicamente las pequeñas y medianas empresas colombianas considerando que son fuente fundamental para el desarrollo económico del país.

A partir de la información recopilada, se reitera que la mayor proporción (57%) de estudios giran en torno a las Mipymes sin especificar la evaluación del sector, sin embargo, se muestra mayor auge en el sector manufacturero con una participación de los estudios documentados del 27% en los que se tiene sinergia en destacar los beneficios que genera la implementación por la optimización de la gestión y la competitividad, así como los desafíos que enfrentan. Lo que coincide con la revisión Pico (2021) en el que se resaltan que el sector que ha generado mayores cambios en su estructura operacional es el sector manufacturero, con un progreso de la industria a nivel tecnológico y de infraestructura.

Ahora bien, el comportamiento de las investigaciones del sector servicios es del 13% las cuales se han encausada a la ejecución del proceso de implementación de la tecnología 4.0, dicha acciones se desarrollan en empresas de software, salud y del sistema financiero, siendo coherente con la identificación que realizaron León et al., (2021) quienes en sus resultados destacan que el 70% de la muestra de empresas del sector servicios han invertido en dichas tecnologías, mostrando una sólida adaptación a pesar de los obstáculos que se presentan.

En este orden de ideas, la industria 4.0 ha impactado en conjunto el desarrollo de las organizaciones colombianas sin importar el sector al que pertenecen, siendo un proceso obligado

para enfrentar la globalización y en el que se resaltan la importancia colectiva que genera la comprensión de los beneficios.

Además, el análisis resalta que la pandemia por el COVID 19 actuó como un potencializador de la implementación de herramientas digitales (Procolombia, 2021), surgiendo como una necesidad para que las empresas enfrenten las barreras que se descubrieron en los procesos (Rueda, 2023). Lo que concuerda con el incremento de la preocupación por los académicos de investigar todo lo concernientes a la industria 4.0, encontrando altas participaciones para los años 2020 y 2023.

Este mayor abundamiento de la industria 4.0, lo vemos reflejado en la adopción de diferentes herramientas por las organizaciones, dentro de las que se destacan el IoT, Big Data, computación en la nube y la inteligencia artificial, cuya implementación no sólo mejoran la productividad, sino que también permiten mejorar la calidad de vida de los trabajadores, logrando desarrollar soluciones en la gestión de los procesos administrativos y productivos (Rozo, 2019).

Por tanto, es importante el reconocimiento del papel funcional que tiene cada una de estas tecnologías para que la selección sea precisa y se ajuste a las necesidades de las organizaciones, lo que puntualiza Saavedra (2022) al señala que la revolución 4.0 ha transformado el modelo de negocio al incorporar nuevas funciones y tecnologías emergentes que mejorar los proceso y aseguran el crecimiento empresarial

Por lo que es imperativo que se establezcan modelos a seguir, para que la adopción de las tecnologías no sea traumática para las organizaciones, de ahí que el análisis documental permitió desplegar una serie de fases: planificación y diagnóstico, selección de la herramienta, implementación y capacitación, pruebas y ajustes y finalmente la evaluación y seguimiento, las

cuales son fundamentales para que las Mipymes tengan éxito en el proceso de implementación. Sin embargo, Chalarca et al., (2020) destacan que cada organización debe realizar de forma estratégica un modelo concreta que se ajuste a las singularidades de la empresa, recayendo la responsabilidad en la capacidad de la gerencia y su liderazgo.

Dichas particularidades del proceso y la desinformación han generado incertidumbre para la correcta implementación, siendo coherente que para la transformación se debe contar con una estrategia, planteamiento de objetivos, actividades y responsables, para que el proceso se genere con éxito. Por lo que la contextualización de diferentes estrategias es de utilidad para que dicha adaptación de herramientas sea más fácil y se genere de forma eficaz, logrando las ventajas ofrecidas.

En cuanto a los desafíos, es importante señalar que el 100% de los artículos revisados convergen en los desafíos y retos que enfrentan las mipymes como las limitaciones financieras, la falta de capacitación y la resistencia al cambio, por la falta de conocimiento y la migración de los datos. Lo anterior, es consistente con lo descrito por Procolombia (2021) que indican que son barreras comunes en el proceso de digitalización de las empresas, limitando la capacidad de adoptar tecnologías avanzadas, tales como barreras económicas, tecnológicas y culturales.

Así mismo, el análisis de los artículos indica como fenómeno consistente la resistencia al cambio y la falta de un liderazgo consistente, comportamientos atribuidos a culturas organizaciones arraigadas en los que se prioriza los métodos tradicionales y que contrastan con la necesidad de innovar y adaptar en un entorno empresarial que cada día es más competitivo.

Lo que ratifico el estudio de Casas et al., (2020) determinaron que para los empresarios colombianos es un reto adoptar herramientas de la industria 4.0 que deben afrontar si quieren permanecer a la vanguardia, de ahí que el sector servicios tenga mayor participación en la

implementación, sin embargo es imperativo que el sector industrial ha dado señales de crecer en el proceso.

Finalmente, la caracterización de la información destaca las oportunidades que genera la implementación de herramientas, considerando el impacto positivo que tiene no solo para las organizaciones sino para el desarrollo económico del país. En este sentido, se describen a nivel general mejoras en la eficiencia operativa, haciendo hincapié en la innovación y desarrollo de nuevos productos y el aumento de la competitividad a nivel global, aspectos que potencializan la penetración de la industria 4.0 en las empresas. De este modo, Gil y Colorado (2020) señalan las ventajas y beneficios de las herramientas asegurando que las empresas obtienen eficiencia operativa y aumento de la rentabilidad, facilitando la gestión productiva y financiera, abarcando todos los procesos organizacionales.

Conclusiones y Recomendaciones

A lo largo de la investigación se han identificado valiosos aportes que permiten dar respuesta a la pregunta de investigación y por ende al cumplimiento de los objetivos, por lo que al analizar la documentación de los últimos 5 años se determina que la industria 4.0 es un tema que impacta el desarrollo de cualquier unidad productiva colombianas y esto puede ser de forma positiva o negativa, ya que el incorporar en la gestión empresarial o por el contrario ignorar la existencia del nuevo modelo que aporta la industria 4.0 se convierte en factores definitivos para permanecer en el mercado. En donde se resalta que debido a la pandemia se aceleró la transformación digital en muchas empresas colombianas, obligando a revisar a profundidad la industria 4.0

De ahí que, aunque las limitaciones identificadas sean abrumadoras dadas las barreras tecnológicas, económicas y culturales, se destacan las oportunidades de mejora, la resolución a diferentes problemas y la declaración del aumento de la competitividad, en un mundo que ha revolucionado el modelo de negocio.

Por otro lado, se reitera que el éxito de implementación de la Industria 4.0 depende en gran medida de la existencia de un modelo estratégico definido, por lo que la planificación y diagnóstico, selección de herramientas, capacitación, pruebas y ajustes, así como la evaluación continua son fases que deben integrar todas las empresas para una adopción efectiva. Además, las empresas deben incorporar planes de contingencia que aborden estrategias desde la cultura organizacional para superar los principales desafíos como lo son la resistencia al cambio y la falta de liderazgo.

En conclusión, la transformación digital no solo impacta la productividad y la rentabilidad, sino que también es una oportunidad para fortalecer la competitividad de la economía colombiana, generar innovación y resaltar en el mercado.

Recomendaciones para las Empresas

Se recomienda a las empresas abordar la transformación digital desde una visión optimista, por lo que crear redes colaborativas entre los sectores con los que no solo se conecten las empresas, sino también las universidades y al gobierno, siendo valioso para compartir experiencias y conocimientos que faciliten la implementación de nuevas herramientas, y por qué no reducir costos.

Otra acción clave para las empresas es promover la mentalidad de innovación y aprendizaje continuo, y esto se logra con el establecimiento de un cronograma de capacitación que integre contenido de modificación de hábitos, preparación sobre el uso de nuevas tecnologías y el incentivo de la creatividad, con lo que se espera transformar la cultura organizacional y preparar a los equipos de trabajo en competencias de la nueva era tecnológica.

Recomendaciones para el Gobierno y Políticas Públicas

Para el país y las empresas, es necesario que el gobierno continúe impulsando la transformación digital por lo que se recomienda aumentar la inversión de la conectividad, garantizando el acceso a todas las empresas sin importar su ubicación a internet de alta velocidad y herramientas digitales, con lo que se fomenta la competitividad.

Otra de las recomendaciones es diseñar un sistema de verificación que logre identificar las brechas que presentan las empresas en las diferentes regiones del país, información que permitirá definir estrategias específicas para garantizar una transición equitativa dentro de lo que

se incluyan planes de capacitación para las empresas adaptados para cada uno de los sectores productivos del país.

Además, se recomienda crear un fondo de transformación digital en el que las grandes empresas destinen un porcentaje anual a la innovación y al impulso de MiPymes, con lo que se garantizará que la modernización y tecnificación no son exclusivas de las grandes empresas, sino que, de forma simultánea se pueden fortalecer las pequeñas empresas y los diferentes sectores del país.

Referencias

- Almeida, A., & Villalba, L. (2021). Propuesta de automatización en la industria de la confección. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(38), Artículo 38.
<https://doi.org/10.24054/rcta.v2i38.1273>
- Alvear, V., Rosero, P., Peluffo, D., & Pijal, J. (2017). Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura. *Enfoque UTE* vol.8 supl.1 Quito feb.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422017000100244
- Asociación Multisectorial de Empresas de Tecnología de la Información - AMETC (2020). Somos una asociación comprometida con el presente y el futuro de nuestro sector y nuestros Asociados. https://ametic.es/wp-content/uploads/2022/06/dossier_ametic_2020_.pdf
- ANDI (2019). Informe de la Encuesta de transformación digital 2019.
- Araque, G., y Giampietro, V. (2023). El Big Data aplicado en la industria 4.0: un caso en el sector textil colombiano con un enfoque en la inteligencia de negocios. *Cuaderno Activa*, 14(1). <https://doi.org/10.53995/20278101.1176>
- Bayona Acevedo, L., Muñoz Bohorquez, J. C., & Pérez Franco, J. (2022). La transformación digital de las empresas colombianas en los últimos 5 años.
<https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/4543>
- Bustos, N., Mahecha, J., & Rueda, R. (2024). Como la transformación digital influye en el crecimiento de las pymes en Colombia. (Tesis de grado). Repositorio Universidad EAN.
<https://repository.universidadean.edu.co/items/f6b24b68-e4e5-451a-ad6e-5d2737c818a8>

Briceño, B., Llanes, E., Rocha, J., Chamba, E., Cuasapud, D., & Cárdenaz, A. (2019).

Tecnologías de impresión 3D: evaluaciones de FDM y Polyjet en la fabricación de autopartes de automóviles. *Enfoque UTE*, 10(3), 13-29.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3>.

Cabrera, H., Rodríguez, B., León, L., & Medina, A. (2020). Ideas y conceptos básicos para la comprensión de las industrias 4.0. *Universidad y Sociedad* vol.12 no.4 Cienfuegos jul.-ago. 2020 Epub 02-Ago. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000400008

Cárdenas, J. C., Rincón, H. T., & Mendoza, J. S. (2023). innovación y modelos de negocio con base en tecnologías emergentes aplicadas a la consultoría empresarial. *Revista Integra: Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación*, 17.

Casas Castillo, D., Aguirre Cortes, D., & David Yanet, C. (2020). La revolución de la industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia. [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21523>

Cepal. (2022). Hacia la transformación del modelo de desarrollo en América Latina y el Caribe: producción, inclusión y sostenibilidad. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cfdfbffc-660a-4b8c-86e8-532bcf884af5/content>

Chalarca, G., Hurtado, S. & Escovar, E. (2020). PYMES Colombianas y los retos de la industria 4.0. *REVISTA INNOVA ITFIP*, 7(1), 10-17.

Confecámaras. (2023, mayo 16). *Según estudio de Confecámaras el 33,5% de las empresas del país sobreviven al término de 5 años—Confecámaras*. <https://confecamaras.org.co/segun->

- estudio-de-confecamaras-el-33-5-de-las-empresas-del-pais-sobreviven-al-termino-de-5-anos/
- Dovico, Alejandro. (2023). Robótica en la industria 4.0. *AADECA REVISTA*, | Edición 17, Abril-Junio 2. https://aadeca.org/wp-content/uploads/2021/06/alejandro_dovico_20210628_robotica_en_la_industria_40.pdf
- Erbes, A., Gutman, G., Lavarello, P., & Robert, V. (2019). Industria 4.0. Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/80), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- Expo Inntec (2023). Informe sectorial Industria 4.0. Tecnologías para la innovación industrial. <https://redjoinn.com/wp-content/uploads/2023/11/Informe-sectorial-Industria-4.0.pdf>
- Galán, A. (2022). Desafíos para la implementación de tecnologías de la industria 4.0 para el sector de la Construcción en Colombia. (Tesis de grado). Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/9476>
- Galindo, J. (2022). Inclusión del software SAP en la educación colombiana, apuesta desde la revolución industrial 4.0, desde las TIC o desde los objetivos de desarrollo sostenible. [Tesis de grado]. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a45af5d-1dfa-48c3-bb76-008ebeb0602/content>
- García, I. (2017). Índice de Metodología de Transformación Digital (3O3P). <https://www.garciareal.com/2017/02/12/indicemetodologiatransformaciondigital/>
- García, I. (2019). Metodología de Transformación Digital (3O3P)

- Gaviria, R., Guardiola, A., de los Ríos, A., Lozano, C., Reyes, E., & Garzón, R. (2023). Sectores económicos en Colombia y su impacto en el comercio internacional. Colección Investigación en Economía social y solidaria. <https://doi.org/10.16925/9789587604122>
- Gil, L., & Colorado, J. (2020). Alcance de la industria 4.0 y su impacto en economías emergentes. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/18139>
- Grajales, N., Hincapié, E., & López, L. (2023). Industria 4.0, una Estrategia Empresarial en el Sector de la Salud. Repositorio Universidad del área Andina. <https://digitz.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/dc28aaa7-b78a-448f-9329-25ee518c93a6/content>
- Hernández, E., Duque, N., & Moreno, J. (2017). Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación. *Instituto Tecnológico Metropolitano*, vol. 20, núm. 39, pp. 15-38. <https://www.redalyc.org/journal/3442/344251476001/html/>
- Ladino, J., Barrero, D., & Rojas, L.. (2022). Industria 4.0: El reto para las pymes manufactureras de Bogotá, Colombia. *Revista Mutis*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.21789/22561498.1784>
- Lasi, H., Fettke, P., & Kemper, H. (2014). Industria 4.0. *Bus Inf Syst Eng* 6, 239–242 <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- León, N., Prieto, L., & Montoya, M. (2021). La implementación de la industria 4.0 en las Pymes de Medellín. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1732>
- Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0. La cuarta revolución industrial*. Primera Edición- Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-622-942-2.
- Niño, E., Allain, J., Montoya, J., Mejía, J., Eisenhauer, M., Noriega, M., Arroyave, M., Álvarez, M. (2020). Colombia y la nueva revolución industrial: Propuesta del Foco de tecnologías

- convergentes e industrias 4.0. Volumen 9. Ministerio de Ciencia, tecnología e Innovación.
- https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombia_y_la_nueva_revolucion_.pdf
- Mejía Triana, M. J., & Bohorquez Vaca, J. I. (2020). Contraste de (I + D) de la industria 4.0 entre una compañía del sector farmacéutico en Colombia y una en España [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://doi.org/10.15332/tg.pre.2020.00002>
- Ministerio de Industria Comercio, Industria y Turismo. (2024, marzo 8). *Colombia cerró 2023 con número histórico de empresas activas*. MINCIT.
- <https://www.mincit.gov.co/Prensa/Noticias/Industria/Colombia-cerro-2023-con-historico-empresas-activas>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MinTIC. (2019). Aspectos Básicos de la industria 4.0. https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf
- MinTIC (2020). Impacto del covid-19 sobre el comercio electrónico en Colombia.
- Muñoz, D., Valencia, K., Caviativa, Y., & Castillo, J. (2024). Estado actual de la adopción de la industria 4.0 en pymes colombianas: desafíos y oportunidades. *Revista Politécnica*, vol. 20, núm. 39, pp. 99-118. <https://www.redalyc.org/journal/6078/607877254007/html/>
- Nolaso, M., & Espinoza, S. (2023). *Innovación y Transformación Digital en el Empresa*. *ResearchGate*. DOI:10.47606/ACVEN/ACLIB0039.
- https://www.researchgate.net/publication/376210760_Innovacion_y_Transformacion_Digital_en_el_Empresa
- Orozco, I., & Jacobs, O. (2016). La nueva era de los negocios: computación en la nube. *Télématique*, 15(2), 172-191. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78457627005>

Pacheco-Cárdenas, A. S. (2020). Propuesta de implementación de la industrial 4.0 en el sector manufacturero de Bogotá.

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/c8f32e0b-26be-42e3-908a-b5348cd05cb1>

Pangol, Alberto. (2022). Industria 4.0. implicaciones, certezas y dudas en el mundo laboral.

Revista Universidad y Sociedad, 14(4), 453-465. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n4/2218-3620-rus-14-04-453.pdf>

Pérez, E., & Rojas, D. (2019). Impacto de la inteligencia artificial en las empresas con un enfoque global. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.

Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/628123>

Peñalver, M., & Isea, J. (2024). Transformación hacia fábricas inteligentes: El papel de la IA en la industria 4.0. *Ingenium et Potentia* vol.6 no.10 Santa Ana de Coro jun. 2024 Epub 30-

Jun. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-03042024000100038#:~:text=La%20Industria%204.0%20hace%20uso,producto%20(PLM%20o%20Product%20Lifecycle)

[03042024000100038#:~:text=La%20Industria%204.0%20hace%20uso,producto%20\(PLM%20o%20Product%20Lifecycle](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-03042024000100038#:~:text=La%20Industria%204.0%20hace%20uso,producto%20(PLM%20o%20Product%20Lifecycle)

Pico, Laura. (2021). Impacto de la industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Colombia [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás].

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35543>

Procolombia. (2021). Industrias 4.0 de Colombia, un origen que crea.

<https://procolombia.co/colombiatrader/comprador/articulos/industrias-40-de-colombia-un-origen-que-crea>

Quintero, I., Sierra, L., & Grisales, D. (2022). Impacto de la implementación del software ERP

Odoos (Software de planeación de recursos empresariales) CASO: proceso de fabricación

- de tableros eléctricos en VMH Consultores. [Tesis de grado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Antioquia - Colombia.
- <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/4d525da7-a8db-4408-9281-eec59ba48a70/content>
- Ramírez, A. (2017). La Digitalización y la Industria 4.0: Impacto industrial y laboral. CCOO. 19 – 6ª – 28043 Madrid.
- <https://industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e10000060.pdf>
- Riasco, S., & Aguilera, A.(2023).Innovación, madurez de la gestión del conocimiento e Industria 4.0: mirada en las pymes colombianas. Journal of Technology Management & Innovation vol.19 no.1 Santiago. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27242024000100029&script=sci_arttext&tlng=en
- Rojas-Berrio, S., Rincón-Novoa, J. L., Ascúa, R. A., & Ravale, H. (2020). Tecnologías Digitales Emergentes en Emprendimientos y Mipymes (Colombia) (Emergent Digital Technologies in Sme’s and Startups (Colombia)) (SSRN Scholarly Paper 3712627). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3712627>
- Rozo, Florelva. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. Revista UIS Ingenierías. Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768132019/>
- Rueda, S. J. (2023). Metodologías de gestión de proyectos implementadas por pymes colombianas para la transformación digital en tiempos de postpandemia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/12871>

- Saavedra, Karla. (2022). Una revisión de la revolución industrial 4.0 y sus métodos de implementación en las nuevas industrias. EIEI ACOFI, sept.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/2210>
- Schwab, Klaus. (2016). La cuarta revolución industrial. Editorial Debate. ISBN: 9788499926940.
- Silva, A., & Mata, M. (2005). La llamada Revolución Industrial. Publicaciones UCAB. Universidad Católica Andrés Bello. 414 p. ISBN: 980-244-172-4
- Swan, B., & Jurgens, J. (febrero, 2022). Iniciativa global del Índice de preparación para la industria inteligente: Informe sobre la transformación de la fabricación. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/readiness-for-the-future-of-production-report-2018/>
- Sousa, R., Aparecido, R., Rodrigues, A. (2020). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. Revista Científica General José María Córdova, vol. 19, núm. 33, pp. 223-241.
[https://www.redalyc.org/journal/4762/476268269011/#:~:text=La%20realidad%20virtual%20o%20realidad,impacto%20\(Ara%C3%BAjo%2C%202003\).](https://www.redalyc.org/journal/4762/476268269011/#:~:text=La%20realidad%20virtual%20o%20realidad,impacto%20(Ara%C3%BAjo%2C%202003).)
- Tarazona, A., & Gómez, C. (2023). Descripción y análisis del Big data en la Industria 4.0 para el mejoramiento de la eficiencia de los procesos logísticos en las PYMES de calzado de Bucaramanga. Repositorio Unidades Tecnológicas de Santander.
<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/12357/Informe%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Téllez, L., Cruz, J., Cifuentes, V. (2023). Análisis de la perdurabilidad en las empresas de industria 4.0 a partir de un estudio de caso. Repositorio Universidad Cooperativa de

- Colombia [Tesis]. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/fe0b725-bf03-4dbc-ae9d-a8133dc1247f/content>
- Vargas, R., Recalde, L., & Reyes, R. (2017). Ciberdefensa y ciberseguridad, más allá del mundo virtual: modelo ecuatoriano de gobernanza en ciberdefensa. URVIO, Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad, núm. 20, pp. 31-45.
<https://www.redalyc.org/journal/5526/552656641013/html/>
- Villamizar, S., Florez, A., & Romero, S. (2024). Análisis de los principales desafíos del sector agropecuario colombiano para la transición a tecnologías de conectividad de la industria 4.0.. <https://repository.universidadean.edu.co/items/f6ee0f2f-4173-4295-ae1b-eb895ec05a96>
- Ynzunza, C., Izar, J., Bocaranda, J., Aguilar, F., & Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. Conciencia Tecnológica, núm. 54. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>

Apéndices

Apéndice A

Ficha bibliográfica.

Año	Tipo de publicación	Autor	Título	Industria / Empresa	Objetivo	Metodología	Resultados	Conclusiones	Referencias	Link/DOI
2020	Posicionamiento Universitario	David A. Castro Castillo, Dulio E. Aguirre Cortes, Camila A. David Yanez	"La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia"	Empresas colombianas	Identificar las tendencias y características de la industria 4.0 y la digitalización España en relación a las empresas Colombianas.	Cualitativo de tipo descriptivo	En el contexto colombiano, se observa un progreso significativo en la adopción de la industria 4.0. Los líderes empresariales están reconociendo cada vez más la relevancia de integrar la automatización y la digitalización en sus operaciones para impulsar la competitividad. Este cambio se refleja en las recientes inversiones corporativas. Según una encuesta reciente de la Audi, realizada a 450 empresarios, se destaca que un 56,4% de las empresas están en proceso de adoptar estrategias de transformación digital. Es notable que el sector de servicios está a la vanguardia en la implementación de estas tecnologías, mientras que	La revolución de la industria 4.0 y la digitalización es crucial para el crecimiento de las compañías en España y Colombia, ya que permite la interconexión de procesos industriales a través de la red global, facilitando la adaptación a nuevos modelos organizacionales. Esto conlleva un incremento en la eficiencia y la competitividad, así como a una notable disminución de costos. Para que las empresas de Colombia se integren y destaquen en la industria 4.0, es fundamental iniciar con la reforma de la legislación nacional, anticipando los avances tecnológicos futuros. Además, el gobierno debería establecer estímulos financieros para aquellas empresas que se sumen en estos desarrollos. Igualmente, será beneficioso que el gobierno colabore con la Cámara de Comercio para ofrecer	Curso Castillo, D., Aguirre Cortes, D., & David Yanez, C. (2020). La revolución de la industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia. [Doctoral thesis, Universidad Santo Tomás]. http://repository.usta.edu.co/handle/10344/2953	https://repositorio.usta.edu.co/handle/10344/2953
2020	Artículo de Revista	Sandra Rojas Berrio, Juissón Rincón Novos, Pablo Acosta Y Homán Rivas	Tecnologías digitales emergentes en emprendimiento y Mipymes (Colombia)	Mipymes	Contextualizar la situación de diferentes empresas colombianas que permitan indicar el tipo de tecnología en implementación y los visores sobre el apoyo gubernamental para el logro exitoso de la incorporación de tecnologías emergentes en este tipo de empresas.	Cualitativo	En Colombia, la adopción de nuevas tecnologías se impulsa por el deseo de las empresas de destacarse frente a sus competidores y mejorar su posición en el mercado. Este esfuerzo se traduce en la simplificación y modernización de procesos, así como en la incorporación de la hiperconectividad para optimizar tanto la producción como la prestación de servicios. Las empresas buscan no solo eficiencia y reducción de costos, sino también fortalecer la relación con sus clientes y explorar nuevas aplicaciones prácticas de sus productos y servicios. Estas metas se complementan con una estrategia de calidad y atención a la clientela. Adicionalmente, el gobierno colombiano, a través de acciones como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, apoya estas iniciativas privadas, promoviendo la colaboración entre instituciones y ofreciendo incentivos fiscales, lo que refuerza el modelo de triple hélice para el desarrollo	En Colombia, las empresas emergentes están integrando tecnologías avanzadas para mejorar su competitividad en el mercado. Estas tecnologías, conocidas como 4.0, se aplican en la predicción y control de la producción y ofrecen un valor agregado al cliente. Asimismo, estas organizaciones son pequeñas, con un promedio de 10 empleados, pero pueden escalar rápidamente para proyectos específicos. A pesar de su reciente formalización en el mercado, con un promedio de 5 años, estas empresas están presentes en sectores económicos variados y operan principalmente en ciudades principales como Bogotá, Medellín y Cali. La adopción tecnológica se centra en soluciones IoT para control y operación remota, análisis de grandes datos para decisiones estratégicas, impresión 3D para reducir costos y personalizar productos, y competencia en la nube para apoyar procesos empresariales. Esta tendencia refleja un enfoque en la escalabilidad y la innovación tecnológica para transformar tanto las operaciones internas como la experiencia del cliente.	Rojas-Berrio, S., Rincón-Novos, J. L., Acosta, R. A., & Rivas, H. (2020). Tecnologías Digitales Emergentes en Emprendimiento y Mipymes (Colombia). [Emerging Digital Technologies in SMEs and Startups (Colombia)] (ESDM Startup) Paper 3712627. Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/sol3/cbrowse.cfm?id=3712627	https://papers.ssrn.com/sol3/cbrowse.cfm?id=3712627
2020	Posicionamiento Universitario	María José Majú Triana, José Ignacio Boboique	https://papers.ssrn.com/sol3/cbrowse.cfm?id=3712627	Sector Servicios - Farmacéutico	Comparar la investigación y desarrollo de la industria 4.0 en una compañía farmacéutica en España y una en Colombia.	Estudio de caso, análisis exploratorio	En Colombia, la inversión limitada en investigación y tecnología ha llevado a un retraso significativo en el desarrollo de infraestructuras tecnológicas para la innovación farmacéutica, en comparación con España. Los procesos en Colombia tienden a ser menos automatizados y carecen de la integración de tecnologías avanzadas que podrían mejorar la eficiencia. Sin embargo, se observa una tendencia positiva en ambas naciones hacia la adopción de tecnología para fortalecer el sector. Esto incluye la capacitación de personal en nuevas tecnologías y la inversión en solo en equipos, sino también en la formación del talento humano. Además, la implementación de sistemas de información centralizados, como ORACLE EBS o SAP, que integran datos de sistemas especializados, es crucial para el crecimiento empresarial. La empresa española muestra un progreso notable en la incorporación de la robótica y otras innovaciones de la industria 4.0, lo que contrasta con la situación actual en Colombia.	La industria farmacéutica experimenta un crecimiento acelerado, impulsado por los avances tecnológicos actuales. En España, la inversión digital en Investigación y Desarrollo (I+D) es un motor de desarrollo económico y fortalece su industria farmacéutica, beneficiando a las empresas locales. Por otro lado, Colombia, con inversiones más modestas en I+D, se enfoca en otras áreas consideradas prioritarias, aunque también está adoptando la industria 4.0 en su sector farmacéutico. Las empresas farmacéuticas colombianas seleccionadas están rediseñando su modelo para incorporar innovaciones tecnológicas. En contraste, la empresa española no solo invierte en la formación continua de su personal sino también en la actualización tecnológica y la robótica. Este enfoque en la innovación y en sistemas de información avanzados está cambiando los requisitos laborales, demandando habilidades más allá de tareas repetitivas y enfocándose en la innovación.	Majú Triana, M. J., & Boboique Vaca, J. I. (2020). Contraste de I+D de la industria 4.0 entre una compañía del sector farmacéutico en Colombia y una en España. [Doctoral thesis, Universidad Santo Tomás]. http://doi.org/10.15328/h.pn.2020.00002	https://repositorio.usta.edu.co/handle/10344/2134
2020	Posicionamiento Institucional	Angie Susana Pacheco Cardenas	Propuesta de implementación de la industria 4.0 en el sector manufacturero de Bogotá	Sector Manufacturero / Bogotá	Proponer el diseño de la implementación de la cuarta revolución industrial en el sector manufacturero en Bogotá.	Descriptivo - Revisión Documental	La hoja de ruta es un instrumento estratégico que guía a las empresas manufactureras en la adopción de la industria 4.0, destacando cómo pueden transformar sus procesos y equipos para aprovechar las ventajas actuales de esta revolución tecnológica. En Bogotá, las organizaciones deben seguir un plan estructurado en cinco fases para integrar las tecnologías más pertinentes a sus operaciones principales. Los líderes y tomadores de decisiones con claves en este proceso, comenzando por identificar iniciativas que fortalezcan la manufactura avanzada, incrementen ingresos y mejoren el empleo. Se debe realizar un análisis detallado de las oportunidades y desafíos específicos de la industria local, para así plantear el crecimiento y competitividad en el mercado. La hoja de ruta establece una estrategia para integrar la industria 4.0 en el sector manufacturero de Bogotá, enfocándose en tres líneas estratégicas principales. La primera es la reorganización estratégica y operativa, que implica revisar y ajustar las estrategias y operaciones actuales de las compañías frente a las tecnologías emergentes, un proceso que	La adopción de la industria 4.0 ha mostrado una clara división entre países desarrollados y emergentes. Muestra que los primeros han experimentado mejoras significativas en rentabilidad y eficiencia de procesos gracias a la implementación de tecnologías avanzadas, los países de América Latina aún están en las etapas iniciales de esta transición. En particular, las empresas manufactureras de Bogotá están conscientes de la industria 4.0, pero enfrentan obstáculos como la falta de comprensión profunda de las tecnologías y limitaciones financieras, especialmente las PYMES. La capacitación y actualización tecnológica constante son cruciales para que estas empresas puedan aprovechar las ventajas competitivas y el crecimiento que ofrece la industria 4.0. Además, se requiere un plan de acción (Roadmap) para que las organizaciones transformen sus procesos y generen valor agregado mediante la innovación y tecnología de la industria 4.0.	Pacheco-Cardenas, A. S. (2020). Propuesta de implementación de la industria 4.0 en el sector manufacturero de Bogotá. http://repositorio.usta.edu.co/handle/10344/2134	http://repositorio.usta.edu.co/handle/10344/2134

