

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

El rol de la gestión de proyectos en la industria 4.0 desde la literatura actual*

The Role of Project Management in Industry 4.0 from Current Literature

O papel da gestão de projetos na Indústria 4.0: uma perspectiva a partir da literatura atual

Nelly Rosana Díaz-Leal^a

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Correo: nellyrosanadl@ufps.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0713-4832>

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao38.rgpils>

Recibido: 20/01/2025

Aprobado: 20/10/2025

Luz Marina Sánchez Ayala

Universidad EAN, Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1147-2783>

Matías Herrera Cáceres

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-1364>

Resumen

La presente revisión aborda la industria 4.0, entendiendo sus características, las tecnologías fundamentales, los retos y beneficios para las PYMES. Ante un entorno digitalizado se resalta la importancia de profundizar en los factores que influyen en las prácticas de gestión de proyectos para superar los desafíos y optimizar los recursos con flexibilidad y competitividad. Las estrategias de adopción digital se ajustan a cada empresa abordando retos en tiempo, costo y alcance. Mediante la metodología PRISMA y un análisis bibliométrico se revisa rigurosamente la literatura revelando el crecimiento en las publicaciones sobre el tema. Se concluye que la gestión de proyectos es una herramienta estratégica para que las PYMES inicien su transición hacia la Industria 4.0 sin descuidar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades que la revolución digital ofrece. Las futuras investigaciones se dirigen hacia metodologías ágiles y adaptativas, la exploración de la transformación digital, la utilización de los principios Lean y la mejora continua en gerencia de proyectos.

Palabras clave: gestión de proyectos; Industria 4.0; fábrica inteligente; tecnologías digitales; transformación digital; revisión literaria.

Códigos JEL: O22, O30, O33.

Abstract

This review addresses Industry 4.0, examining its characteristics, fundamental technologies, challenges, and benefits for SMEs (Small and Medium-sized Enterprises). In a digitized environment, the study emphasizes the importance of investigating the factors influencing project management practices to overcome obstacles and optimize resources with enhanced flexibility and competitiveness. Digital adoption strategies are customized for each company, tackling challenges related to time, cost, and scope. Employing the PRISMA methodology and a bibliometric analysis, the relevant literature is rigorously analyzed, revealing a significant growth in publications on this subject. It is concluded that project management serves as a strategic instrument for SMEs to initiate their transition toward Industry 4.0, simultaneously addressing potential challenges and maximizing the opportunities presented by the digital revolution. Future research directions include agile and adaptive methodologies, the exploration of digital transformation, the application of Lean principles, and continuous improvement in project management.

Keywords: Project management; Industry 4.0; smart factory; digital technologies; digital transformation; literature review.

JEL Codes: O22, O30, O33.

Resumo

Esta revisão aborda a Indústria 4.0, examinando suas características, tecnologias fundamentais, desafios e benefícios para as PMEs (Pequenas e Médias Empresas). Em um ambiente digitalizado, o estudo enfatiza a importância de investigar os fatores que influenciam as práticas de gestão de projetos para superar obstáculos e otimizar recursos com maior flexibilidade e competitividade. As estratégias de adoção digital são personalizadas para cada empresa, abordando desafios relacionados a tempo, custo e escopo. Empregando a metodologia PRISMA e uma análise bibliométrica, a literatura relevante é rigorosamente analisada, revelando um crescimento significativo nas publicações sobre o tema. Conclui-se que a gestão de projetos serve como um instrumento estratégico para que as PMEs iniciem sua transição para a Indústria 4.0, abordando simultaneamente os desafios potenciais e maximizando as oportunidades apresentadas pela revolução digital. As futuras direções de pesquisa incluem metodologias ágeis e adaptativas, a exploração da transformação digital, a aplicação dos princípios Lean e a melhoria contínua na gestão de projetos.

Palavras-chave: gestão de projetos; Indústria 4.0; fábrica inteligente; tecnologias digitais; transformação digital; revisão da literatura.

Introducción

Las distintas etapas de la revolución de la industria, ha tenido transformaciones significativas que han generado cambios en la economía global, en las estructuras empresariales y el ámbito laboral. De acuerdo con Barreto et al. (2017), en la era de la cuarta revolución industrial, más conocida como “Industria 4.0”, se ha dado una serie de transformaciones disruptivas, impulsadas por la digitalización, la inteligencia artificial y la robótica, entre otras tecnologías avanzadas. La propuesta “Industria 4.0” de académicos, empresarios y representantes políticos fomenta la digitalización y la autonomía de las máquinas como un enfoque para fortalecer la competitividad de la industria manufacturera alemana (Humayun et al., 2021).

Se perciben futuras transformaciones impulsadas por los avances en biotecnología, sostenibilidad y nanotecnología. Sin embargo, la Industria 4.0 sigue vigente, en expansión y mostrando muchos beneficios (Foro Económico Mundial, 2025). La inteligencia artificial dominará el campo de la investigación, las aplicaciones de cualquier área que requiera el dominio de la inteligencia humana incluso en funciones gerenciales de las empresas que modifican profundamente la sociedad y las organizaciones en varios ámbitos; entre ellas una movilidad más eficiente basada en carros autoconducidos, ciudades inteligentes, industrias inteligentes, el asesoramiento médico, el uso de drones, entre otros (Sachsenmeier, 2016; Henriques et al., 2018; Granell et al., 2016; Nazarko, 2017). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) destaca la necesidad de universalizar el acceso a las tecnologías digitales y de responder a los desafíos de la pandemia de COVID-19 con una transformación digital productiva, dado el bajo nivel de digitalización en las micro, pequeñas y medianas empresas de la región.

En Colombia, las PYMES son la columna vertebral de la economía y están en el centro de esta transformación digital (ANIF, 2021). Sin embargo, las empresas han adoptado a ritmos diferentes el cambio, mientras que algunas empresas logran adaptarse mediante la incorporación ágil de innovaciones, otras siguen apoyadas a enfoques más tradicionales, lo que las pone en desventaja ante la acelerada evolución del sector empresarial (CEPAL, 2022). Las PYMES tienen la oportunidad de beneficiarse significativamente de la Industria 4.0 aumentando la productividad, mejorando la eficiencia y abriendose a nuevas oportunidades de mercado. Matt y Rauch (2020) aluden que este segmento empresarial reconoce la creciente tendencia hacia la adopción de tecnologías avanzadas y la Industria 4.0.

De acuerdo con este panorama la gerencia de proyectos emerge como una disciplina fundamental para guiar la transición y capitalizar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0 (Kanski & Pizon, 2023). La capacidad de gestionar proyectos de manera eficiente y adaptativa, alineada con las demandas de esta nueva era digital puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso para muchas empresas, especialmente las PYMES. Desde la revisión de la literatura, se busca analizar diversas prácticas de gerencia de proyectos que permitan identificar herramientas y tecnologías digitales, la adaptación de metodologías ágiles y la gestión de equipos desde diferentes ubicaciones físicas para facilitar la transición de las PYMES hacia la Industria 4.0.

Por otro lado, la competencia global y las crecientes expectativas de los clientes han aumentado el interés de las PYMES de manufactura en el uso de la metodología Lean Manufacturing (LM) porque ofrece muchas ventajas (Stankalla et al., 2018). LM es un conjunto de técnicas cuyo objetivo es adaptarlas a las necesidades de cada empresa y centrarse en eliminar actividades que no aportan valor (Demirkesen & Bayhan, 2020) y así las empresas que las implementen podrían alcanzar altos niveles de rentabilidad y competitividad. Los principios de LM como mejoras en la programación de la planta, el presupuesto, la seguridad y la calidad pueden ser aplicados dentro de la gestión de proyectos para mejorar la eficiencia y efectividad.

Cabe resaltar la importancia del papel estratégico de la Industria 4.0 en la gerencia de proyectos, con aportes en la optimización de tiempo y costos y el incremento de la agilidad, gracias al acceso a información en tiempo real y la flexibilidad a los cambios, además de los nuevos modelos de negocio soportados por las tecnologías digitales (Jally et al., 2021). En el análisis de la literatura se integran los conceptos y paradigmas relevantes sobre la gerencia de proyectos y la Industria 4.0, abordados desde diversas perspectivas y enfoques multidisciplinarios.

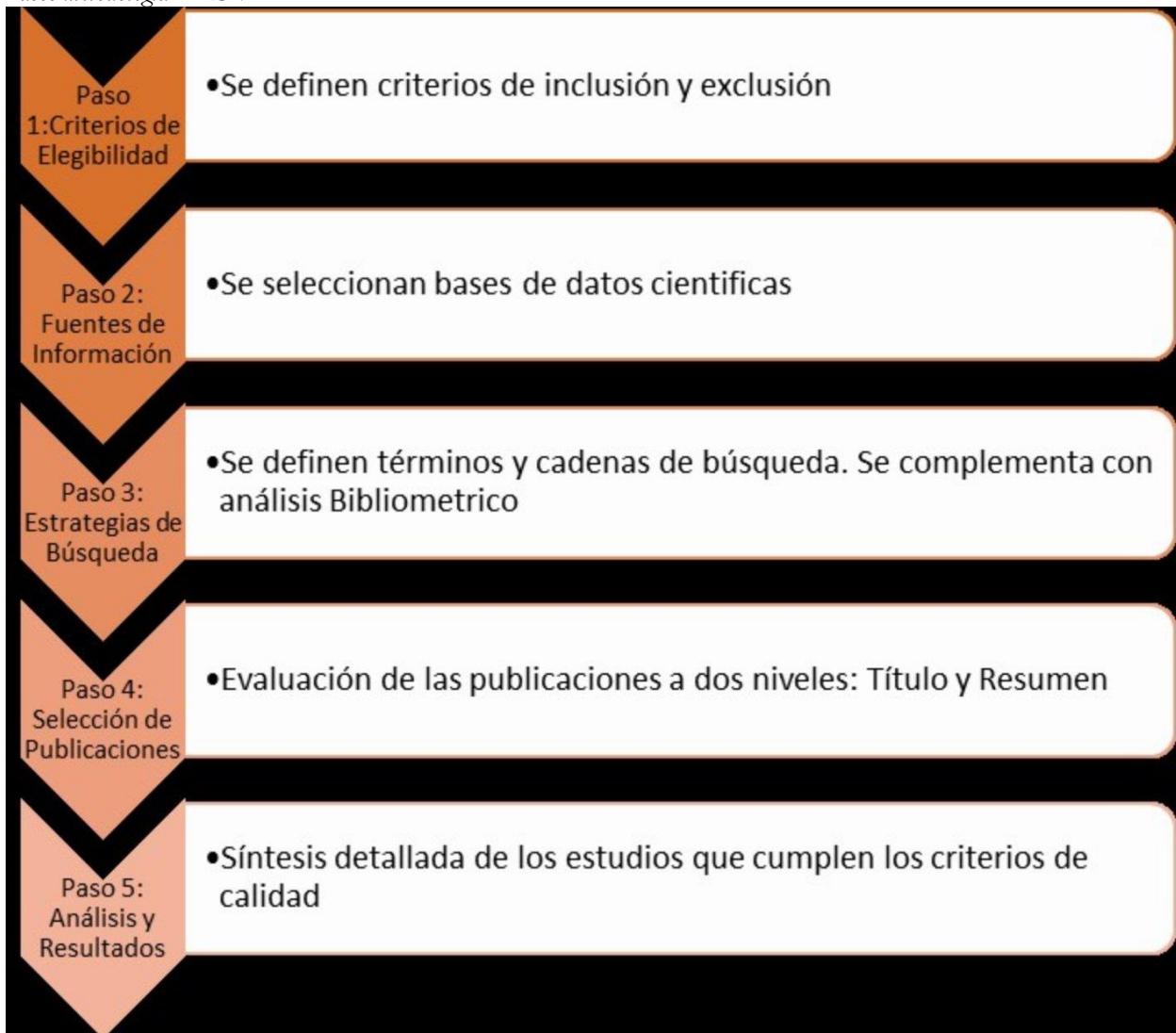
Metodología

La revisión exhaustiva y estructurada de la literatura disponible en las bases de datos científicas proporciona una fundamentación conceptual sólida sobre la investigación, con el objetivo de identificar brechas y áreas potenciales de estudio para el contexto colombiano. Al llevar a cabo esta revisión, se emplea la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para orientar y documentar de manera transparente los procesos y hallazgos de investigaciones de este tipo (Moher et al., 2009; Page et al., 2021).

Siguiendo esta metodología (Figura 1) se definen los criterios de inclusión y exclusión, esenciales para garantizar la relevancia de los estudios seleccionados. Posteriormente se identifican las bases de datos pertinentes al área de estudio. Mediante cadenas de búsqueda debidamente formuladas y alineadas con la pregunta de investigación, se recuperan las publicaciones pertinentes. Asimismo, luego se evalúan las publicaciones a dos niveles para garantizar una revisión sistemática: primero, una revisión preliminar basada en títulos y resúmenes; y segundo, una revisión detallada del texto completo de aquellos seleccionados en el primer nivel de revisión. Finalmente, se realiza una síntesis detallada de los estudios que superaron ambas etapas de revisión y cumplieron con los criterios de calidad. A continuación, se detalla cada paso de la metodología.

Figura 1

Pasos metodología PRISMA



Fuente: elaboración propia.

Definición de criterios: En la Tabla 1 se presentan los criterios de inclusión (CI) y de exclusión (CE) para esta revisión de la literatura.

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

Tabla 1

Criterios de elegibilidad publicaciones

Criterio	Descripción
CI-1	Inclusión de publicaciones en inglés y español
CI-2	Inclusión de publicaciones del 2019 al 2024
CI-3	Inclusión únicamente artículos de revistas científicas y revisiones de literatura
CE-1	Exclusión de publicaciones en sitios web, conferencias y libros
CE-2	Exclusión de tesis

Fuente: elaboración propia.

Fuentes de información: las fuentes de datos incluyen las bases de datos científicas SCOPUS como base de datos multidisciplinar e internacional de gran impacto científico y Web of Science (WoS) reconocida por su rigurosa selección de revistas indexadas, lo que garantiza alta calidad académica.

Estrategia de búsqueda: se realizaron dos actividades fundamentales: primero, en el proceso de búsqueda, los términos se clasificaron mediante el método PICOP (Salazar et al., 2021). Se basa en la descripción de cinco elementos para cada pregunta de investigación asociados a Población, Intervención, Comparación, Resultado y Contexto. El elemento de comparación del método PICOP se omitió porque no aplica para el alcance de la revisión. La Tabla 2 muestra los elementos de la PICOP para definir los términos primarios y secundarios.

Tabla 2

Términos de búsqueda

Método PICOP	Términos Primarios	Términos secundarios
Población	SME	Small and medium-sized enterprises
Intervención	Project Management	Project managers, lean manufacturing
Resultado	Industry 4.0	Industrial revolution; smart manufacturing
Contexto	manufacturing SME	Colombian manufacturing SMEs

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la estrategia de búsqueda, la segunda actividad es la definición de la cadena de búsqueda de acuerdo con la pregunta de investigación del estudio. La cadena de búsqueda es la unión e intersección de términos primarios y secundarios (utilizando los operadores lógicos “OR” y “AND”), como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Cadena de búsqueda y pregunta de investigación

Pregunta de investigación	Cadena de Búsqueda
¿Cuál es el rol de la gerencia de proyectos en la transición hacia la Industria 4.0 de las PYMES manufactureras y cómo contribuye a su transformación digital?	("Industry 4.0" OR "smart factory" OR "industrial revolution") AND ("project management" OR "project managers" or "lean manufacturing")

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la metodología PRISMA, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, junto con la cadena de búsqueda definida, en las fuentes científicas SCOPUS y WoS. Este procedimiento permitió llevar a cabo una selección preliminar de las publicaciones más pertinentes sobre la temática analizada, identificándose en la Tabla 4 un total de 353 artículos en Scopus y 371 en Web of Science.

Tabla 4

Selección de publicaciones

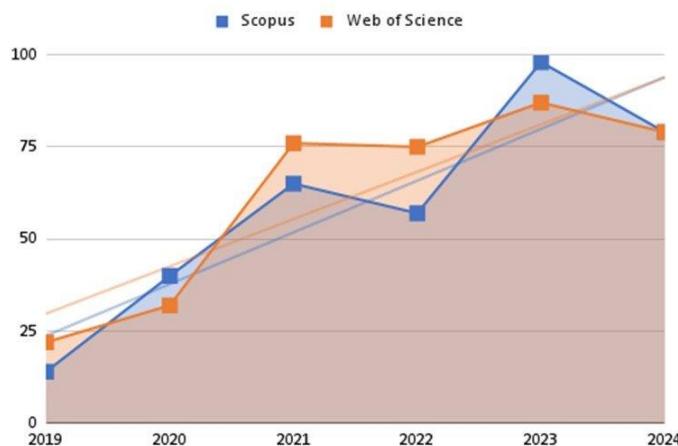
Base de Datos Científica	Cantidad de Publicaciones	Selección Preliminar
Scopus	965	353
Web of Science	404	371

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de publicaciones por año en las dos colecciones científicas, como se observa en la Figura 2, evidencia el año 2023 como el período con mayor número de publicaciones y marca un pico en la producción académica.

Figura 2

Cantidad de publicaciones por año (Scopus, Web of Science)



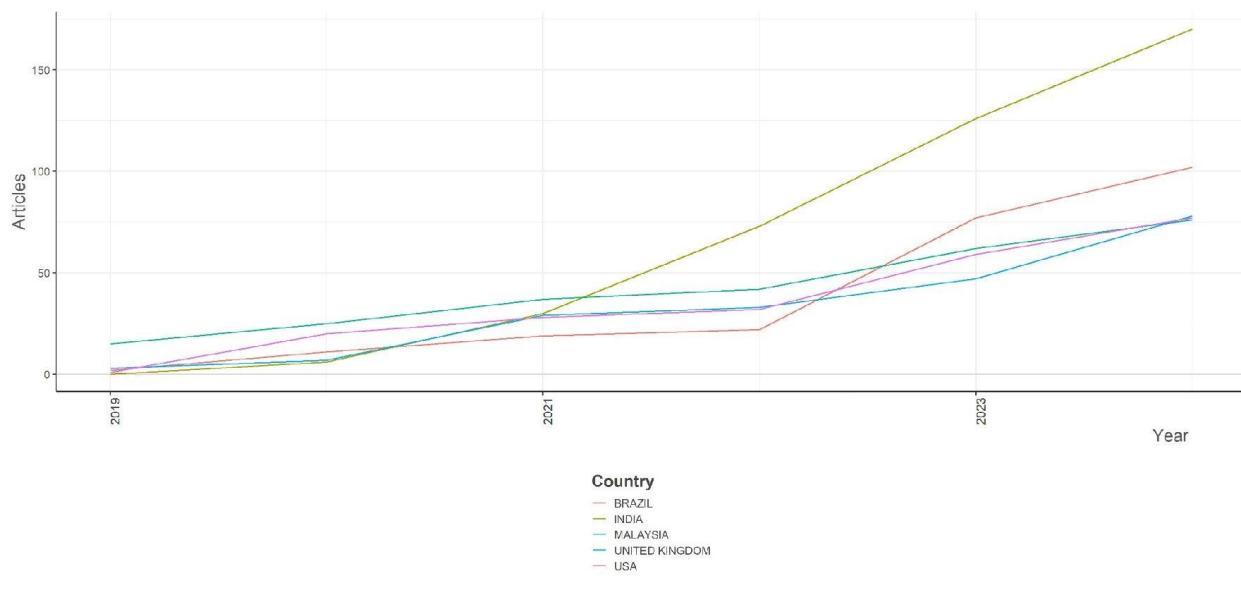
Fuente: elaboración propia.

Análisis bibliométrico: para discernir sobre los patrones en estas publicaciones y la evaluación de la temática, se llevó a cabo un análisis bibliométrico utilizando la herramienta de código abierto “Bibliometrix”. Este software permitió la elaboración de varios informes para analizar la estructura conceptual del conocimiento y la producción científica por autores y países. De acuerdo con los resultados del análisis bibliométrico en Scopus, la tasa de crecimiento anual de la temática es del 41,35%, mientras que en Web of Science es del 29,13%. Las dos tasas superan significativamente la tasa promedio de crecimiento anual de la producción científica en productos de nuevo conocimiento en Colombia, que creció en 6,03% entre el 2019 y 2021, según Minciencias.

A partir de la colección principal de Scopus en el análisis de la evolución de los temas realizada con la herramienta Bibliometrix, se pudo observar un paso inicial en la implementación de conceptos básicos de la Industria 4.0, seguido de un punto de inflexión en 2021 hacia la integración de nuevas tecnologías y enfoques de gestión. Para el 2023 la orientación de la literatura se traslada en dos focos: tanto en la aplicación de estas tecnologías con un fuerte énfasis en el manejo de datos y la inteligencia artificial; como en el fortalecimiento de manufacturing, Industry 4.0 y el lugar destacado de project management, lo que indica una transición hacia la aplicación práctica de la gestión de proyectos en la Industria 4.0 con un enfoque más orientado a la implementación y gestión efectiva de tecnologías avanzadas. Finalmente, para 2024, se contempla en el análisis de las temáticas una mayor relevancia de la automatización para optimizar procesos y el análisis avanzado de datos complejos. Esta interpretación de la evolución muestra cómo la investigación ha avanzado desde los conceptos básicos de la Industria 4.0 hacia enfoques más complejos y aplicados en gestión y tecnología avanzada.

Además, se realizaron los informes de la herramienta Bibliometrix, para analizar las publicaciones de la selección preliminar con PRISMA por países. En este análisis de la base de publicaciones arrojada por Scopus, se refleja la inversión en investigación sobre tecnologías avanzadas de la Industria 4.0, gestión de proyectos y lean manufacturing en India y Brasil como líderes en la producción de artículos, seguidos por las contribuciones de Malasia, Reino Unido y EE. UU. El crecimiento en países como India y Brasil muestra la expansión de la relevancia de estos temas en economías emergentes, lo cual es indicativo de la necesidad de mantenerse competitivos en los mercados internacionales.

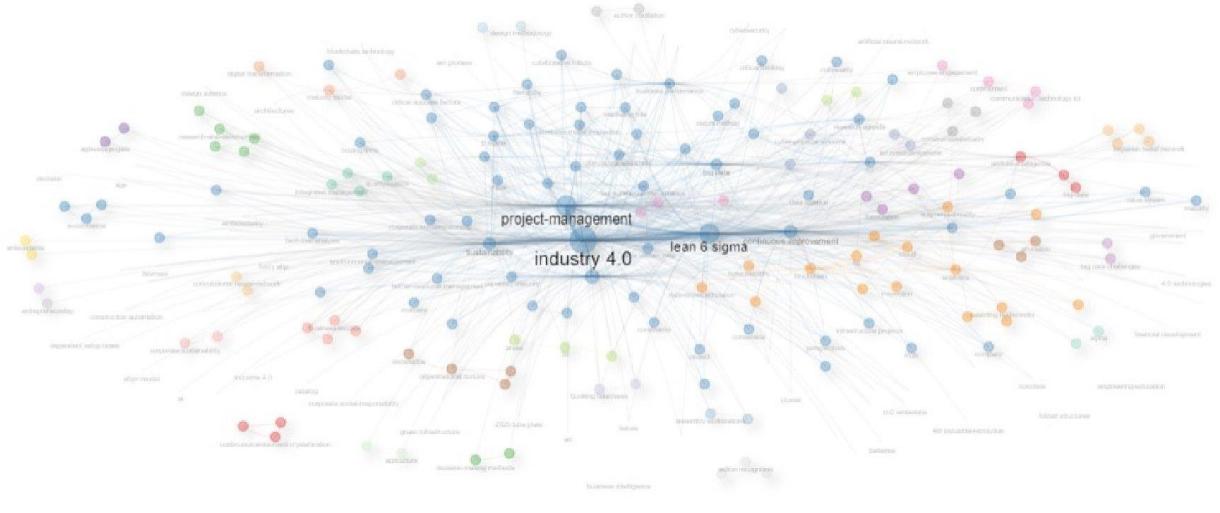
Figura 3
Ánalisis por países colección Scopus



Fuente: Herramienta Bibliometrix Base de datos Scopus.

Igualmente, con Bibliometrix se elabora el informe por autor en la base de datos Web of Science. Del informe se obtiene que los temas más frecuentes y de mayor interés para los autores en esta revisión en WoS son Industry 4.0, Lean 6 Sigma, Project Management, y Agile, lo que indica que son áreas ampliamente exploradas como se observa en la Figura 4. En cuanto al aporte por países en la producción académica en WoS el primer lugar lo ocupan China, seguido por India, Reino Unido, Brasil y España. Estas contribuciones reflejan un enfoque significativo en el desarrollo tecnológico e industrial en estas regiones lo cual las posiciona como referentes en la transición hacia la Industria 4.0.

Figura 4
Red de temáticas asociadas al campo del conocimiento en WoS



Fuente: Herramienta Bibliometrix Base de datos WoS.

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

Selección final de publicaciones. Teniendo en cuenta los análisis bibliométricos sobre la evolución de la temática, los países, así como de los autores más relevantes, y siguiendo la metodología PRISMA para garantizar una revisión sistemática y rigurosa, se aplicó el proceso de evaluación en dos niveles: revisión de títulos y resúmenes; y revisión a texto completo.

Revisión de títulos y resúmenes: se aplicaron los siguientes criterios de calidad (CC) para refinar la selección preliminar:

CC1: se seleccionaron artículos científicos y revisiones de literatura que describieran prácticas, modelos o enfoques de gerencia de proyectos como Agile y Lean 6 Sigma, entre otros; aplicados como facilitadores en procesos y proyectos de la Industria 4.0, según la focalización de la temática.

CC2: se incluyeron las publicaciones que presentaran de forma específica las características, requerimientos y tecnologías relevantes asociadas a la Industria 4.0 (principalmente datos e Inteligencia Artificial), en relación con su adopción por parte de empresas en contextos de transformación digital.

Tabla 5
Resultados de la selección

Base de Datos Científica	Selección Preliminar	Revisión de Títulos y Resúmenes
Scopus	353	45
Web of Science	371	42

Fuente: elaboración propia.

Revisión a texto completo: Se realizó una revisión detallada del texto completo de aquellos artículos que cumplieron con los criterios de calidad anteriores. Finalmente, se realizó una síntesis descriptiva de los estudios que superaron ambas etapas de revisión, con el fin de construir una base teórica sólida sobre los conceptos, teorías y paradigmas relevantes para la gerencia de proyectos y la Industria 4.0.

Resultados

La Industria 4.0, objeto de estudio tanto en ámbitos académicos como industriales, se caracteriza por la integración y predominancia de tecnologías avanzadas en sus aplicaciones. Diversos autores han ofrecido definiciones que resaltan este aspecto desde diferentes posturas:

- Zhu (2022) la define como la integración técnica de sistemas ciberfísicos en la manufactura y la logística, empleando el Internet de las cosas y los servicios en los procesos industriales. Esto tendrá implicaciones para la creación de valor, los modelos de negocios y la organización del trabajo.

- Humayun et al. (2021) supone que el término “Industria 4.0” se acuñó en una feria de Hannover en 2011, donde se anunció un plan industrial alemán denominado “Industrie 4.0”. El plan pretendía animar a las empresas alemanas a sistematizar la producción.
- Basl & Kopp (2017) la describen como una transformación de fábricas automatizadas a entornos de fabricación totalmente automatizados, donde los procesos están interconectados vertical y horizontalmente dentro de los sistemas empresariales.
- Amaral & Peças (2021) explican el concepto como una combinación de tecnologías modernas y modelos de negocio innovadores que a partir de datos recopilados generan más valor para los clientes.

A pesar de no haber consenso sobre la definición, se destaca su relación con la explotación de datos en tiempo real y la transformación digital de la industria manufacturera. La Industria 4.0 es sinónimo de cambios significativos en organizaciones, sociedades e industrias, mejorando el rendimiento y creando valor añadido mediante tecnologías digitales y sistemas de información especializados. Los términos Industria 4.0 y transformación digital se utilizan a menudo indistintamente, especialmente en el contexto de la transformación digital de las empresas manufactureras (Brodeur et al., 2023).

Mittal et al. (2019) sugieren que términos como fabricación inteligente, digital e Industria 4.0 se emplean de manera diferente en la literatura debido a la falta de un marco conceptual universalmente aceptado. Por otro lado, Ustundag y Cevikcan (2018) manifiestan que el elemento más distintivo y unificador de la Industria 4.0 entre los diferentes enfoques conceptuales debiera ser la integración de instalaciones de producción, cadenas de suministro y sistemas de servicios en los procesos de creación de valor.

En el análisis de los autores, no existe una definición consensuada de Industria 4.0. Las posturas de los autores como Zhu (2022), Basl & Kopp (2017) y Ustundag & Cevikcan (2018) se complementan al destacar como elementos centrales: la integración tecnológica, la automatización y la interconexión de sistemas. Por su parte, Amaral & Peças (2021) y Brodeur et al. (2023) amplían esta visión al enfocarse en el uso de datos, la creación de valor estratégico y la transformación digital en los contextos empresariales. Por otro lado, se identifican opiniones contrapuestas del concepto, como la diversidad de términos empleados (Mittal et al., 2019) y la falta de un marco unificado que consolide los distintos enfoques (Ustundag & Cevikcan, 2018).

Zhanybek Suleiman Sabit Shaikholla & Turkyilmaz (2022) establecen características relevantes asociadas a la Industria 4.0, que incluyen la reducción de costos, la transparencia y fiabilidad de la información, la optimización en la toma de decisiones, la eficiencia del tiempo, la simplificación de procesos, entre otros. Estas características reflejan cómo la Industria 4.0 puede transformar y mejorar las operaciones empresariales.

La Industria 4.0 caracterizada por una integración avanzada de tecnologías como la robótica, la inteligencia artificial, y la impresión 3D, promete transformar la sociedad en múltiples sectores como la educación, el derecho y la salud, mediante aportes que van desde la automatización inteligente y la producción personalizada hasta el uso masivo de sensores y el desarrollo de ciudades inteligentes. La revolución industrial reconfigurará la economía y la manufactura, y además la adopción de estos sistemas avanzados permitirá una producción más personalizada y una gestión eficiente, impulsando así una economía más ágil y un desarrollo económico sostenible (Oztemel & Gursev, 2020).

Las metodologías basadas en técnicas como Lean con Smart manufacturing benefician a las industrias para que mejoren la gestión de la planta dentro de las limitaciones de la Industria 4.0 para que puedan mejorar sustancialmente problemas como tiempos de producción elevados, mayores niveles de inventario, excesos en los defectos de fabricación, una mala gestión de los tipos de equipos y falta de experiencia laboral (Tripathi, Saraswat et al., 2022; Tripathi et al., 2021; Tripathi, Chattopadhyaya, et al., 2022).

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

La Industria 4.0 representa un amplio conjunto de avances tecnológicos que transforman múltiples dimensiones organizacionales. Cada tecnología puede aplicarse de forma independiente, pero es su integración colectiva la que tiene el potencial de revolucionar y optimizar los sistemas de fabricación, como refieren (Issa et al., 2018). Aquí, se destacan brevemente los nueve pilares fundamentales de esta nueva era de la industria:

- Big Data: proceso detallado que implica recopilar, procesar y analizar extensos conjuntos de datos cuyo objetivo es convertir la información sin analizar y los datos brutos en decisiones informadas (Tao et al., 2019).
- Robots Autónomos: dispositivos mecánicos o máquinas avanzadas como drones o robots industriales que son capaces de ejecutar tareas específicas con mínima intervención del hombre (Bahrin et al., 2016).
- Simulación: permite la evaluación de sistemas basada en modelos computarizados que replican características del sistema real o hipotético (Dalenogare et al., 2018).
- Fabricación Aditiva: técnica que crea objetos a partir de modelos 3D mediante la superposición de capas de material (Kang et al., 2016).
- Integración horizontal y vertical: la integración vertical se refiere a la colaboración de los sistemas a través de distintos niveles jerárquicos de una organización y la integración horizontal permite la conexión de sistemas y procesos mediante la cadena de valor de la empresa (Dalenogare et al., 2018).
- Internet de las Cosas (IoT): consiste en dispositivos dotados de sensores inteligentes que recolectan, procesan y comparten datos a través de la interconexión por internet, lo cual potencia la eficiencia en la fabricación (Roblek et al., 2016).
- Computación en la Nube: Es un servicio que ofrece acceso remoto a recursos informáticos por internet como capacidad de procesamiento y almacenamiento. Estos servicios funcionan bajo un modelo de pago por uso o de acuerdo con la demanda del mismo (Alcácer & Cruz-Machado, 2019).
- Ciberseguridad: seguridad digital enfocada en proteger sistemas interconectados de posibles ciberataques y salvaguardar datos sensibles (Kamble et al., 2018).
- Realidad Aumentada (RA): tecnología que enriquece el mundo físico mediante la superposición de elementos digitales como gráficos y sonidos, permitiendo ver información digital sobre el entorno físico (Ghobakhloo, 2018).

Sin embargo, esta revolución tecnológica plantea desafíos significativos que podrían incrementar la brecha de desigualdad en la sociedad, como la pérdida de empleos por la automatización y los riesgos asociados a la seguridad de los datos. Al mismo tiempo, la Industria 4.0 abre oportunidades laborales en nuevas áreas, entre ellas el análisis de datos y la ciberseguridad, fomentando un cambio en la demanda de perfiles profesionales. Chang et al. (2012) refieren que la transición hacia una sociedad inteligente dependerá de la capacidad de la sociedad y el empresariado para adaptar estos avances tecnológicos y aprovechar sus beneficios de forma equitativa y segura. Por tanto, la Industria 4.0 marca un precedente en la transformación económica, social y laboral, promoviendo oportunidades de innovación y crecimiento, pero a su vez presenta desafíos importantes que requieren una gestión flexible y cuidadosa.

La International Project Management Association (IPMA; KPMG; AIPM, 2019) afirma que las empresas siguen teniendo una gran necesidad de responder al cambio con proyectos. Además, destaca que los

proyectos en esta era digital crean productos y servicios innovadores, pero a su vez requieren que las personas que trabajan en proyectos posean nuevas competencias y exige cambios en el estilo de liderazgo, pues ya no hay empleados dependientes, sino colaboradores. El estilo de liderazgo ha evolucionado hacia ser facilitadores adaptativos capaces de gestionar equipos especializados. Los líderes ahora deben facilitar la colaboración continua y fomentar un entorno de actualización constante para el desarrollo de habilidades y competencias, las cuales se vuelven esenciales para enfrentar los nuevos desafíos y guiar a sus organizaciones hacia un futuro exitoso (Moeuf et al., 2020).

Las líneas de investigación futuras se enfocan en temas relacionados con la adaptación flexible de la gerencia de proyectos enfocada en la “triple restricción” al entorno de la Industria 4.0, la adopción de metodologías ágiles y adaptativas, la exploración de la transformación digital, la aplicación de los principios Lean y la mejora continua en gerencia de proyectos, así como los requisitos de formación y competencia necesarios en este nuevo paradigma (Rincon-Guio et al., 2023).

Cabe destacar que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan varios desafíos en su transición hacia la Industria 4.0, entre ellos sobresalen la seguridad de datos, las regulaciones internas, la falta de cultura corporativa alineada, la escasez de mano de obra cualificada, y la confusión sobre normas y beneficios económicos de la Industria 4.0 (Amaral & Peças, 2021; Goerzig & Bauernhansl, 2018; Rauch et al., 2017; Castro, 2023). En Colombia particularmente estos retos se agravan por el enfoque en el corto plazo de las PYMES y su desfase tecnológico. Igualmente, no existe una estrategia única para adoptar la Industria 4.0, lo que implica la necesidad de enfoques adaptados a cada empresa por eso las investigaciones sugieren que es fundamental entender cómo los componentes del éxito de los proyectos se vinculan con la Industria 4.0 (Moeuf et al., 2020; Kanski & Pizon, 2023; Sony & Naik, 2020).

El modelo que combina Lean Manufacturing con herramientas digitales como la inteligencia artificial propuesto por Tashkinov (2024) para la gerencia de proyectos integra en un marco metodológico coherente los enfoques digitales, asegurando la coordinación para evitar conflictos o duplicaciones. Igualmente, exige un cambio cultural que fomenta la adopción continua de tecnologías digitales, el desarrollo de competencias técnicas en los empleados y una mayor colaboración interdisciplinaria para maximizar el impacto de la transformación digital.

La gerencia de proyectos desempeña un rol fundamental, manejando la triple restricción de alcance, tiempo y costo, para facilitar la adaptación de las PYMES a esta nueva era, minimizando las perturbaciones y controlando desviaciones (Chavez et al., 2022). Adoptar un enfoque estratégico y flexible es esencial para que las PYMES puedan abordar estos desafíos y avancen en el dinámico entorno de la Industria 4.0.

La revisión exhaustiva de las posturas en la literatura permite mostrar en la Tabla 1 un panorama claro acerca de la influencia de las prácticas de la gestión de proyectos, particularmente la triple restricción (alcance, tiempo y costo) y otras áreas de la gerencia de proyectos que pueden ser adoptadas por el segmento empresarial PYMES para su transición hacia la Industria 4.0. Cada entrada de la tabla destaca las posturas conceptuales y las recomendaciones de los diversos autores que pueden facilitar la integración de las PYMES en la era de la Industria 4.0.

Tabla 6
Perspectivas de los autores

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

Autor(es) /Año	Triple restricción: alcance, tiempo, costo	Otras áreas de gestión de proyectos	Contribución a la transición 14.0 de las PYMES
(Brodeur et al., 2023)	Alineación estratégica con los objetivos de Industria 4.0, incluyendo la gestión efectiva de todos los recursos del proyecto.	Enfoque en la capacitación de empleados, la gestión de los interesados para facilitar la transformación digital y la revisión continua de las estrategias, así como la gestión de una comunicación efectiva	Proporciona una estructura para la alineación estratégica, seguridad de los datos y liderazgo efectivo, fundamentales para la transformación digital de las PYMES.
(Mocuf et al., 2020); (Aliu et al., 2023)	Selección de líderes de proyectos con conocimientos multidisciplinarios para mejorar la eficiencia operativa y una buena infraestructura informática con soporte de las tecnologías emergentes.	Incluye el liderazgo, la gestión de recursos humanos para el desarrollo de competencias técnicas y la formación; las comunicaciones efectivas para manejar proactivamente los riesgos. La gestión de los interesados para estrategias a largo plazo	Promueve la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y adoptar nuevos modelos de negocio mediante la capacitación y colaboración con expertos externos y la Academia.
(Rincon-Guio et al., 2023)	Detalles sobre la triple restricción no identificados.	Énfasis en la capacitación en nuevas tecnologías y metodologías para actualizar las competencias del gestor de proyecto y la madurez en la gestión de proyectos.	Capacita a las PYMES para implementar y gestionar efectivamente componentes de la Industria 4.0, abordando los desafíos de digitalización.
(Pozzi et al., 2023)	Flexibilidad y calidad en gestión de proyectos para facilitar la implantación de Industria 4.0, con planificación adecuada para manejar los recursos.	Liderazgo, creación de equipos interfuncionales y actividades de formación para mejorar la gestión de recursos humanos.	Establece factores críticos para la implantación exitosa de la Industria 4.0, mejorando la planificación y capacidad de adaptación.
(Vrchota et al., 2021)	La financiación identificada como imprescindible para la sostenibilidad de proyectos, relacionada directamente con los costos.	Gestión de adquisiciones para asegurar recursos financieros adecuados.	Apoya la sostenibilidad y viabilidad económica de proyectos en Industria 4.0, requerida para las PYMES en transición.
(Busto Parra et al., 2022); (Lima et al., 2023); (Tripathi, Chattopadhyaya, et al., 2022a)	La implementación de estrategias holísticas como Lean permite optimizar los procesos e incrementar la eficiencia	Utilización de principios Lean, Smart y ágiles para reforzar las competencias interpersonales y mejorar la productividad.	Promueve una gerencia de proyectos más eficaz para la flexibilidad y sostenibilidad de las PYMES en la Industria 4.0.
(Contieri et al., 2024)	Gestiona barreras como la obsolescencia de equipos y la integración de datos	Enfrenta desafíos en los protocolos de comunicación y en la capacitación de los miembros del equipo.	Facilita la gestión de sistemas de información y producción, preparando a las PYMES para superar barreras tecnológicas.
(Varbanova et al., 2023)	Se centra en la adecuación al entorno empresarial y los principios de economía circular.	Considera la implementación de liderazgo efectivo y la cultura organizacional fortalecida. Gestión de los interesados para las estrategias de gestión adaptativas.	Promueve un enfoque holístico en la gestión de proyectos que integra consideraciones ambientales y sociales, vital para la adaptación y sostenibilidad de las PYMES en la Industria 4.0.
(Cabeças & Marques da Silva, 2021)	Extensión de la triple restricción para incluir beneficios sociales y ambientales, indicando un manejo holístico de proyectos.	Incluye gestión de riesgos y sostenibilidad como componentes críticos.	Promueve la gestión de proyectos que integra innovaciones tecnológicas o modelos avanzados de manera sostenible como el "Cociente de Tecnología en Gestión de Proyectos" (PMTQ) y la Gestión de Proyectos Verde (GPM).

Fuente: elaboración propia.

Los diversos autores se complementan en los enfoques sobre la gestión de proyectos en el contexto de la Industria 4.0. Brodeur et al. (2023), Moeuf et al. (2020), Aliu et al. (2023) y Rincon-Guio et al. (2023) destacan la necesidad de alinear estratégicamente la gestión de proyectos con los objetivos de la revolución digital, haciendo énfasis en la capacitación del talento humano y el desarrollo de competencias. Pozzi et al. (2023) y Moeuf et al. (2020) complementan esta visión al destacar la importancia del liderazgo, los equipos interfuncionales, multidisciplinares y la planificación flexible para facilitar la adopción tecnológica. A su vez, Cabeças & Marques da Silva (2021) y Varbanova et al. (2023) incorporan dimensiones de sostenibilidad, economía circular y responsabilidad social, integrando un enfoque holístico en la gestión de proyectos.

En contraste, como se observa en el análisis comparativo existen diversas opiniones respecto al alcance de la triple restricción tradicional. Mientras algunos autores aún se enfocan en los factores clásicos de costo, tiempo y alcance, otros como Cabeças & Marques da Silva (2021) proponen su ampliación para incluir beneficios ambientales y sociales. También hay controversia en la profundidad con que se abordan los desafíos, Contieri et al. (2024) enfatizan la obsolescencia tecnológica y la integración de datos, aspectos operativos menos tratados por otros enfoques más estratégicos. Estas posturas variantes de los autores reflejan una evolución de la gestión de proyectos, desde una concepción técnica hacia una más adaptativa, multidimensional y centrada en la sostenibilidad.

La Tabla 6 consolida los enfoques de la gerencia de proyectos que las PYMES pueden implementar para facilitar una transición efectiva hacia la Industria 4.0. Se resalta la importancia de adoptar un enfoque de gestión integrada que contemple la habitual triple restricción (tiempo, costo y alcance) e incorpore además, áreas del conocimiento para la dirección de proyectos identificadas en la literatura y descritas en el PMBOK, tales como la gestión de los recursos humanos, la gestión de las partes interesadas (*stakeholders*), la gestión de las comunicaciones, la gestión de los riesgos y la gestión de las adquisiciones, entendida esta última como los procesos necesarios para comprar o adquirir productos o servicios requeridos para el proyecto. Además, ante el cambiante entorno de la industria es necesario desarrollar estrategias efectivas, fortalecer la capacidad adaptativa de las empresas y la adopción de tecnologías innovadoras para avanzar en los procesos de transformación en la era digital.

La literatura reciente evidencia diversas aplicaciones prácticas de metodologías como PMBOK, Agile y Lean en el proceso de transformación digital en las PYMES manufactureras. Se destaca la articulación de marcos conceptuales para la gestión de proyectos en cadenas de suministro, como Supply Chain 4.0 con las áreas de conocimiento del PMBOK, según Frederico (2021). Otras investigaciones como las realizadas por Kohnova et al. (2022) y Rane & Narvel (2021), se centran en la incorporación de prácticas de gestión ágil dentro de la Industria 4.0, enfocándose especialmente en desarrollar una cultura organizacional orientada a la agilidad. Asimismo, tecnologías emergentes como IoT e inteligencia artificial, se adoptan para la optimización de la producción (Rüßmann et al., 2015) y también para predecir y estimar enfermedades de los cultivos (Singh et al., 2022). En la industria hotelera, herramientas basadas en IA, big data, blockchain y computación en la nube mejoran la satisfacción del cliente y permiten detectar emociones en tiempo real mediante sensores y algoritmos de aprendizaje profundo (Narayan et al., 2022). Finalmente, Tripathi, Chattopadhyaya, et al. (2022) reportan mejoras en productividad y sostenibilidad en la industria automotriz y minera, a través de la implementación de metodologías bajo los principios de Lean Manufacturing en entornos de Industria 4.0.

Conclusiones

La revisión de la literatura sobre la gerencia de proyectos y la Industria 4.0 da a conocer los diversos factores que la revolución tecnológica conlleva en las estructuras empresariales, especialmente en las PYMES y se consolidan en siguientes conclusiones:

- La Industria 4.0 incorpora una transformación profunda en el sector de manufactura y por consiguiente en los procesos industriales mediante la integración de tecnologías avanzadas como los sistemas

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

ciberfísicos, el internet de las cosas, la inteligencia artificial y la automatización total. Aunque hay diversidad en los enfoques conceptuales se tiene un consenso sobre la Industria 4.0 que implica la digitalización y la explotación de datos en tiempo real para mejorar la productividad y generar valor en el segmento industrial. Las diferencias entre los enfoques surgen principalmente por el énfasis tecnológico frente al estratégico, los diversos términos asociados y la amplitud de su aplicación en distintos contextos productivos. Esta diversidad de opiniones representa una riqueza contextual y un reto para la implementación práctica de la Industria 4.0.

- El impacto económico, social y laboral de la Industria 4.0 es significativo, ya que reestructura la economía global, la industria manufacturera y otros sectores como la educación y la salud. La acogida en los ámbitos empresariales de las tecnologías avanzadas promete una producción más ajustada a sus necesidades y una gestión eficiente. Sin embargo, esta transformación presenta desafíos importantes como la pérdida de empleos por la automatización y los riesgos de seguridad de datos. Igualmente, surgen nuevas oportunidades laborales como el análisis de datos y la ciberseguridad, lo que exige una adaptación continua para asegurar un desarrollo sostenible y equitativo.
- Los líderes en la Industria 4.0 deben tener un rol de facilitadores adaptativos que sean capaces de gestionar equipos con habilidades especializadas y la complejidad del nuevo entorno industrial. Este nuevo liderazgo exige el desarrollo de capacidades técnicas y empresariales y la formación continua para guiar a las organizaciones hacia un futuro exitoso. Los nuevos líderes toman un enfoque que promueva la colaboración y la actualización constante de las competencias.
- Entre los desafíos que las pequeñas y medianas empresas (Pymes) afrontan en su transición hacia la Industria 4.0 cabe mencionar: la seguridad de los datos, las regulaciones internas y la falta de cultura empresarial alineada. En este sentido, la gestión de proyectos que aborda habitualmente la triple restricción de alcance, tiempo y costo, debe ampliarse para incluir otras áreas como la gestión de recursos humanos, los interesados, las comunicaciones, los riesgos y las adquisiciones; lo que permitirá a las Pymes adaptarse y crecer en el dinámico entorno de la Industria 4.0. Es muy importante que las Pymes adopten enfoques estratégicos y flexibles para superar estos desafíos mediante la implementación de prácticas efectivas de gerencia de proyectos.
- Por último, la Industria 4.0 se caracteriza por una transformación integral que requiere una gestión estratégica y adaptativa. Por una parte, los líderes de los proyectos juegan un papel esencial en esta transición para que las organizaciones puedan aprovechar las oportunidades de innovación y crecimiento mientras manejan los desafíos y barreras propias de la transformación. Igualmente, la integración de las tecnologías avanzadas y la digitalización completa replantean el sector de la manufactura y otros sectores, impulsando una economía más ágil y sostenible. Para que las pequeñas y medianas empresas prosperen en la Industria 4.0 es necesario que sus enfoques de gestión se integren y desarrollen estrategias efectivas que incluyan la formación continua de los colaboradores y la adaptación organizacional.

Declaraciones de ética y transparencia

Consideraciones éticas: el presente trabajo de investigación no requirió aval ético, dado que no incluye la participación directa de seres humanos ni el uso de información sensible.

Contribución de los autores: Mg. Nelly Rosana Díaz Leal desarrolló la conceptualización, el diseño metodológico y la redacción inicial, Dra. Luz Marina Sánchez Ayala supervisó la gestión del proyecto, Matías

Herrera Cáceres realizó la revisión crítica del manuscrito y el ajuste final del texto, aportando observaciones para fortalecer la calidad académica del artículo.

Financiación: la investigación contó con el apoyo de formación doctoral otorgado al investigador principal y recursos destinados a la adquisición de material bibliográfico para el trabajo realizado.

Conflictos de interés: los autores declaran que no tienen conflictos de interés relacionados con el desarrollo de la presente investigación ni con la presentación de artículo.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA): los autores utilizaron herramientas de IA exclusivamente para el mejoramiento del estilo del artículo en la sección de introducción, sin que estas interviniieran en los resultados o análisis científicos

Referencias

- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.estch.2019.01.006>
- Aliu, J., Oke, A. E., Kineber, A. F., Ebekozien, A., Aigbavboa, C. O., Alaboud, N. S., & Daoud, A. O. (2023). Towards a New Paradigm of Project Management: A Bibliometric Review. In *Sustainability (Switzerland)* 15(13). <https://doi.org/10.3390/su15139967>
- Amaral, A., & Peças, P. (2021). SMEs and Industry 4.0: Two case studies of digitalization for a smoother integration. *Computers in Industry*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103333>
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 78(6–13). <https://doi.org/https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Basl, J., & Kopp, J. (2017). Study of the Readiness of Czech Companies to the Industry 4.0. *Journal of Systems Integration*, 8(3), 40.
- Brodeur, J., Deschamps, I., & Pellerin, R. (2023). Organizational changes approaches to facilitate the management of Industry 4.0 transformation in manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(7), 1098–1119. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2022-0359>
- Busto Parra, B., Pando Cerra, P., & Álvarez Peñín, P. I. (2022). Combining ERP, Lean Philosophy and ICT: An Industry 4.0 Approach in an SME in the Manufacturing Sector in Spain. *Engineering Management Journal*, 34(4), 655–670. <https://doi.org/10.1080/10429247.2021.2000829>
- Cabeças, A., & Marques da Silva, M. (2021). Project Management in the Fourth Industrial Revolution. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review / Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 9(2), 79–96. <https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v9.2804>
- Castro, R.; H. J.; A. N.; M. O. (2023). *Encuesta de Desempeño Empresarial - ACOP*. <https://acopi.org.co/encuesta-de-desempeno-empresarial/>
- CEPAL. (2020, July 2). *Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación*. <https://hdl.handle.net/11362/45734>

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

- CEPAL. (2022). *Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19*.
<https://repositorio.cepal.org/entities/publication/41c8c16b-e427-446c-8672-c2927519cd8f>
- Chang, H. B., Ma, J., Loke, S. W., Zimmermann, H.-D., & Li, Z. (2012). Intelligent ubiquitous IT policy and its industrial services. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(4), 913–915.
<https://doi.org/DOI10.1007/s10845-011-0586-5>
- Chavez, Z., Hauge, J. B., & Bellgran, M. (2022). Industry 4.0, transition or addition in SMEs? A systematic literature review on digitalization for deviation management. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(1–2), 57–76. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08253-2>
- Contieri, P. G. S., Hassui, A., Santa-Eulalia, L. A., Sigahi, T. F. A. C., Rampasso, I. S., Moraes, G. H. S. M. de, & Anholon, R. (2024). Difficulties and challenges in the modernization of a production cell with the introduction of Industry 4.0 technologies. *Benchmarking: An International Journal*, 31(9), 3012–3025.
<https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2023-0071>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Demirkesen, S., & Bayhan, H. G. (2020). A Lean Implementation Success Model for the Construction Industry. *Engineering Management Journal*, 32(3), 219–239.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1764834>
- Frederico, G. F. (2021). Project Management for Supply Chains 4.0: A conceptual framework proposal based on PMBOK methodology. *Operations Management Research*, 14(3–4), 434–450.
<https://doi.org/10.1007/s12063-021-00204-0>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910–936.
- Goerzig, D., & Bauernhansl, T. (2018). Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises. *Procedia CIRP*, 67, 540–545. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.257>
- Granell, C., Havlik, D., Schade, S., Sabeur, Z., Delaney, C., Pielorz, J., Usländer, T., Mazzetti, P., Schleidt, K., Kobernus, M., Havlik, F., Bodsberg, N. R., Berre, A., & Mon, J. L. (2016). Future Internet technologies for environmental applications. *Environmental Modelling & Software*, 78, 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.015>
- Henriques, I. C., Sobreiro, V. A., & Kimura, H. (2018). Science and technology park: Future challenges. *Technology in Society*, 53, 144–160. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.01.009>
- Humayun, M., Jhanjhi, N. Z., Talib, M. N., Shah, M. H., & Sussendran, G. (2021). Industry 4.0 and cyber security issues and challenges. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(10), 2957–2971.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0057988>
- IPMA; KPMG; AIPM. (2019). *The Future of Project Management: Global Outlook 2019*.
<https://ipma.world/app/uploads/2019/11/PM-Survey-FullReport-2019-FINAL.pdf>
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Procedia CIRP*, 72, 973–978.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151>

- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H., & Noh, S. Do. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
- Kanski, L., & Pizon, J. (2023). The impact of selected components of industry 4.0 on project management. *Journal of Innovation and Knowledge*, 8(1). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100336>
- Kohnova, L., Stacho, Z., Salajova, N., Stachova, K., & Papula, J. (2022). Application of agile management methods in companies operating in Slovakia and the Czech Republic. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2142809>
- Lima, B. F., Neto, J. V., & Santos Renan Silva and Caiado, R. G. G. (2023). A Socio-Technical Framework for Lean Project Management Implementation towards Sustainable Value in the Digital Transformation Context. *Sustainability*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15031756>
- Matt, D. T., & Rauch, E. (2020). Industry 4.0 for SMEs. In D. T. Matt, V. Modrák, & H. Zsifkovits (Eds.), *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, opportunities and requirements*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2019). Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1342–1361. <https://doi.org/10.1177/0954405417736547>
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384–1400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339(jul21 1), b2535–b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Narayan, R., Gehlot, A., Singh, R., Akram, S. V., Priyadarshi, N., & Twala, B. (2022). Hospitality Feedback System 4.0: Digitalization of Feedback System with Integration of Industry 4.0 Enabling Technologies. *Sustainability*, 14(19), 12158. <https://doi.org/10.3390/su141912158>
- Nazarko, L. (2017). Future-Oriented Technology Assessment. *Procedia Engineering*, 182, 504–509. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.144>
- Oztemel, E., & Gursoy, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pozzi, R., Rossi, T., & Secchi, R. (2023). Industry 4.0 technologies: critical success factors for implementation and improvements in manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 34(2), 139–158. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1891481>

Cuadernos de ADMINISTRACIÓN

ISSN: 1900-7205 (En línea) | ISSN: 0120-3592 (Impreso)

Rane, S. B., & Narvel, Y. A. (2021). Leveraging the industry 4.0 technologies for improving agility of project procurement management processes. *International journal of system assurance engineering and management*, 12(6), 1146-1172. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01331-4>

Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2017). Critical Factors for Introducing Lean Product Development to Small and Medium sized Enterprises in Italy. *Procedia CIRP*, 60, 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.031>

Rincon-Guio, C., Hernandez-Ramirez, J., Olguin, C. M., Pibaque-Ponce, M. S., Baque-Cantos, M. A., Santistevan-Villacreses, K. L., Canarte-Quimis, L. T., Hernandez-Lugo, P., & Medina, L. (2023). A Systematic literature review on advances, trends and challenges in project management and industry 4.0. *Logforum*, 19(2), 225–244. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2023.844>

Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *Sage Open*, 6(2), 2158244016653987. <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54–89.

Sachsenmeier, P. (2016). Industry 5.0—The Relevance and Implications of Bionics and Synthetic Biology. *Engineering*, 2(2), 225–229. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.015>

Singh, R., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Priyadarshi, N., & Twala, B. (2022). Horticulture 4.0: Adoption of Industry 4.0 Technologies in Horticulture for Meeting Sustainable Farming. *Applied Sciences*, 12(24), 12557. <https://doi.org/10.3390/app122412557>

Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning and Control*, 31(10), 799–815. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278>

Stankalla, R., Koval, O., & Chromjakova, F. (2018). A review of critical success factors for the successful implementation of Lean Six Sigma and Six Sigma in manufacturing small and medium sized enterprises. *Quality Engineering*, 30(3), 453–468. <https://doi.org/10.1080/08982112.2018.1448933>

Tao, F., Qi, Q., Wang, L., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. *Engineering*, 5(4), 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.01.014>

Tashkinov, A. G. (2024). The implementation of lean and digital management techniques using artificial intelligence in industrial settings. *Discover Artificial Intelligence*, 4(1), 94. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00186-5>

Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Bhaduria, A., Sharma, S., Li, C., Pimenov, D. Y., Giasin, K., Singh, S., & Gautam, G. D. (2021). An agile system to enhance productivity through a modified value stream mapping approach in industry 4.0: A novel approach. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111997>

Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2022a). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. *Mathematics*, 10(3), 347. <https://doi.org/10.3390/math10030347>

Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2022b). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. *Mathematics*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/math10030347>

- Tripathi, V., Saraswat, S., & Gautam, G. D. (2022). Development of a Systematic Framework to Optimize the Production Process in Shop Floor Management. In *Recent Trends in Industrial and Production Engineering: Select Proceedings of ICAST 2020* (pp. 57–66). https://doi.org/10.1007/978-981-16-3135-1_7
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer.
- Varbanova, M., de Barcellos, M. D., Kirova, M., De Steur, H., & Gellynck, X. (2023). Industry 4.0 implementation factors for agri-food and manufacturing SMEs in Central and Eastern Europe. *Serbian Journal of Management*, 18(1), 167–179.
- Vrchota, J., Rehor, P., Marikova, M., & Pech, M. (2021). Critical Success Factors of the Project Management in Relation to Industry 4.0 for Sustainability of Projects. *Sustainability*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/su13010281>
- Zhanybek Suleiman Sabit Shaikholla, D. D. E. S., & Turkyilmaz, A. (2022). Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. *Cogent Engineering*, 9(1), 2034264. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034264>