

Gestión de proyectos y digitalización en la industria 4.0: tendencias y desafíos

Project management and digitalization in industry 4.0: trends and challenges

Dairo Javier Novoa Pérez 

Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia.

Hugo Gaspar Hernández Palma 

Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia.

Jorge Enrique Taboada Álvarez 

Universidad EAN, Bogotá, Colombia.

Resumen

Este artículo examina cómo las tecnologías de la industria 4.0 están transformando la gestión de proyectos y fomentando la sostenibilidad. Mediante un análisis bibliométrico de 87 publicaciones científicas obtenidas de la base de datos Scopus, se exploraron tendencias y contribuciones importantes utilizando herramientas como Bibliometrix, R-studio y Gephi. La metodología incluyó el análisis de citas, cocitas, coautorías y la coocurrencia de términos clave. Los resultados identifican tres áreas principales de investigación: digitalización como eje transformador, sostenibilidad integrada en la transformación digital y optimización de procesos mediante inteligencia artificial (IA). En este estudio se destaca la alta concentración de publicaciones en revistas líderes y el papel de instituciones y colaboraciones internacionales en el avance del conocimiento. Además, la evaluación de la productividad de los autores y el análisis de clústeres muestran la importancia de términos como gestión de proyectos, industria 4.0 e inteligencia artificial. Se concluye que la convergencia tecnológica redefine la gestión de proyectos, impulsando estrategias más sostenibles, resilientes y adaptativas en un entorno empresarial dinámico.

Palabras clave: dirección de proyectos; innovación; inteligencia artificial; optimización de procesos; sostenibilidad; tecnologías emergentes

Clasificación JEL: O33, M15, Q01

Abstract

This article examines how Industry 4.0 technologies are transforming project management and promoting sustainability. Through a bibliometric analysis of 87 scientific publications retrieved from the Scopus database, key trends and contributions were explored using tools such as Bibliometrix, R-studio, and Gephi. The methodology included citation analysis, co-citation analysis, co-authorship networks, and the co-occurrence of key terms. The results identify three main areas of research: digitalization as a transformative axis, sustainability integrated into digital transformation, and process optimization through artificial intelligence (AI). The study highlights the high concentration of publications in leading journals and the role of institutions and international collaborations in advancing knowledge. Additionally, the assessment of author productivity and cluster analysis underscores the relevance of terms such as project management, Industry 4.0, and artificial intelligence. The study concludes that technological convergence is redefining project management, driving more sustainable, resilient, and adaptive strategies in a dynamic business environment.

Keywords: project management; innovation; artificial intelligence; process optimization; sustainability; emerging technologies

JEL Classification: O33, M15, Q01

Autor de correspondencia

daironovoa@mail.uniatlantico.edu.co

Recibido: 21-09-2024

Aceptado: 11/03/2025

Publicado: 26/05/2025



Copyright © 2025
Desarrollo Gerencial

Como citar este artículo (APA):

Novoa Pérez, D. J., Hernández Palma, H. G., & Taboada Álvarez, J.E. (2025). Gestión de proyectos y digitalización en la industria 4.0: tendencias y desafíos. *Desarrollo Gerencial*, 17(1), 1-25. DOI: [10.17081/dege.17.1.7651](https://doi.org/10.17081/dege.17.1.7651)

Introducción

La Industria 4.0 marca un cambio de paradigma fundamental en la forma en que se conciben, planifican, producen, y gestionan los bienes y servicios, superando la simple implementación de avances tecnológicos. Este fenómeno, conocido también como la *Cuarta Revolución Industrial*, se define por una convergencia inédita de tecnologías digitales, físicas y biológicas que están transformando radicalmente las operaciones industriales y comerciales a nivel global (Rauch, 2020; Turner y Turner, 2021). En el centro de esta transformación se encuentran tecnologías avanzadas como el *Internet de las Cosas* (IoT), que facilita la conexión de dispositivos y sensores para la recopilación e intercambio de datos en tiempo real, proporcionando una visión integral de los procesos industriales (Munirathinam, 2020).

La Inteligencia Artificial (IA) potencia la automatización y optimización de procesos, permitiendo que los *robots* aprendan de los datos y se adapten a circunstancias cambiantes (Javaid et al., 2022). Asimismo, el *Big Data* permite el análisis de grandes volúmenes de datos estructurados y no estructurados, extrayendo información clave para la toma de decisiones (Allegri et al., 2022; Gupta et al., 2021), mientras que la computación en la nube proporciona una infraestructura escalable y adaptable para el almacenamiento y procesamiento de datos, facilitando la colaboración y la agilidad en los entornos laborales contemporáneos (Dass et al., 2023).

Estas innovaciones no solo están revolucionando los procesos de producción y fabricación, sino que también están transformando todos los aspectos de la cadena de valor, desde el servicio al cliente hasta la investigación y desarrollo. La aparición de fábricas inteligentes, donde personas, máquinas y sistemas interactúan y se comunican eficazmente, permite una producción más personalizada y flexible, optimizando simultáneamente costos y recursos (Nardo et al., 2020). La Industria 4.0, por lo tanto, está redefiniendo las estrategias empresariales en la era digital, fomentando nuevas vías de competitividad e innovación (Asadollahi-Yazdi et al., 2020).

En paralelo a estas transformaciones, la sostenibilidad se ha convertido en un eje central en la agenda global, impulsando la necesidad de modelos productivos más eficientes y responsables con el medioambiente. La convergencia entre Industria 4.0 y sostenibilidad abre oportunidades sin precedentes para reducir el impacto ambiental de la actividad industrial mediante la optimización del consumo de recursos, la minimización de residuos y la implementación de estrategias de economía circular (Javaid et al., 2022). Desde esta perspectiva, la gestión de proyectos adquiere un papel estratégico al facilitar la integración de tecnologías emergentes con prácticas sostenibles. A través del análisis de *clústeres*, términos como *project management*, *efficiency*, *digitalization* e *industry 4.0* emergen como áreas críticas de impacto.

En este contexto de rápida transformación digital, la gestión de proyectos se enfrenta a desafíos y oportunidades sin precedentes. La Industria 4.0 ofrece herramientas avanzadas para mejorar la toma de decisiones, permitiendo a los gestores de proyectos prever y mitigar problemas potenciales y evaluar riesgos de manera más precisa (Niederman, 2021). De ahí que, esta investigación se centra en analizar el impacto de las tecnologías de la Industria 4.0 en la gestión de proyectos, con el objetivo de comprender cómo la integración de IoT, IA y el Big Data están transformando la planificación y ejecución de proyectos en diversos sectores industriales.

A través de un análisis bibliométrico de publicaciones indexadas en Scopus (Lu y Vries, 2021), se mapeó el estado actual del conocimiento en este ámbito, identificando las principales contribuciones y delineando futuras direcciones de investigación y práctica profesional. Este estudio busca profundizar en la comprensión de la sinergia entre la gestión de proyectos y las tecnologías avanzadas, resaltando la importancia de adoptar estrategias integradas y multidisciplinarias para aprovechar plenamente las oportunidades que ofrece la Industria 4.0 y superar los desafíos asociados. En última instancia, este trabajo pretende orientar a académicos, profesionales y líderes empresariales en la aplicación de estas tecnologías para impulsar el progreso y la transformación en los respectivos campos de conocimiento.

Fundamentación teórica

La Industria 4.0, también conocida como la *Cuarta Revolución Industrial*, representa una transformación radical en los procesos de manufactura y servicios, impulsada por la convergencia de tecnologías digitales avanzadas (Frank et al., 2019; Martinelli et al., 2021; Mubarak y Petraite, 2020). Este enfoque trasciende la automatización tradicional, creando ecosistemas ciberfísicos donde máquinas, sensores y sistemas informáticos interactúan de manera autónoma (Rauch, 2020).

Fundamentos tecnológicos de la industria 4.0

La teoría de sistemas complejos adaptativos (Holland, 1992) proporciona un marco esencial para comprender la Industria 4.0 como un ecosistema tecnológico interdependiente, donde la interacción entre componentes ciberfísicos genera propiedades emergentes que trascienden la suma de sus partes. Investigaciones recientes demuestran que estos sistemas autoorganizados logran mejoras no lineales en eficiencia (30-40% en reducción de tiempos de inactividad), desafiando los modelos tradicionales de retorno de inversión (Anumbe et al., 2022; Javaid, 2022). Sin embargo, estos avances contrastan con los hallazgos de Antony et al. (2023) sobre la teoría de dependencia de ruta, que revela cómo las inversiones históricas en sistemas *legacy* crean barreras estructurales para las pymes en economías emergentes, las cuales enfrentan dificultades para integrar tecnologías 4.0 debido a limitaciones en infraestructura digital y capacidades técnicas.

Esta dicotomía entre potencial y adopción real exige un enfoque teórico multidimensional. Por un lado, la teoría de modernización ecológica (York et al., 2010), que destaca el papel de la Industria 4.0 como catalizador de sostenibilidad, con casos como la manufactura aditiva reduciendo residuos en un 40% (Dantas et al., 2021). No obstante, investigadores como Kirchherr et al. (2023), identifican la paradoja de Jevons: las ganancias en eficiencia energética pueden generar aumentos compensatorios en el consumo global, un fenómeno documentado en sectores como la automoción y la electrónica. Esta paradoja cuestiona los supuestos lineales entre digitalización y sostenibilidad, requiriendo marcos teóricos que incorporen externalidades sistémicas.

De otra parte, la integración de la teoría institucional (Powell y DiMaggio, 2012) añade profundidad al análisis al explicar cómo normas sectoriales y presiones coercitivas moldean la adopción tecnológica. Por ejemplo, Ejsmont et al. (2020) muestran que las empresas en industrias altamente reguladas (ej. farmacéutica) adoptan tecnologías 4.0 más lentamente debido a requisitos de cumplimiento, mientras que startups tecnológicas exhiben mayor agilidad. Esta variabilidad sugiere que los modelos teóricos deben considerar no solo factores tecnológicos, sino también el isomorfismo institucional que condiciona las decisiones organizacionales.

La teoría de recursos y capacidades (Bílková et al., 2018) ayuda a explicar las disparidades en implementación. Empresas con recursos complementarios (ej. talento especializado, cultura de innovación) logran absorber tecnologías 4.0 más efectivamente (Novoa et al., 2024). Este enfoque teórico resalta que la transformación digital no es únicamente un desafío tecnológico, sino organizacional, donde las capacidades dinámicas como el aprendizaje continuo y la reconfiguración estratégica son críticas.

Sostenibilidad digital en el contexto 4.0

El modelo de tres capas base ampliada (Joyce y Paquin, 2016) revela limitaciones en los indicadores tradicionales de sostenibilidad al no capturar el impacto ambiental de la infraestructura digital. Estudios recientes cuantifican que centros de datos y modelos de IA representan el 2% al 4% de las emisiones globales de CO₂, una huella algorítmica que exige nuevas métricas de evaluación. Paralelamente, la economía circular tecnológica (Schroeder et al., 2019) muestra avances en diseño regenerativo, como *robots* de desensamblaje con un 95% de eficiencia en recuperación de metales raros (Fatimah et al., 2020). Sin embargo, Kirchherr et al. (2023) advierten que el 45% de estas iniciativas no superan auditorías independientes, evidenciando discrepancias entre discurso y práctica.

De ahí que, la teoría de capacidades dinámicas (Teece, 2018) proporciona un marco analítico para entender estas brechas. Las Empresas con capacidades de absorción desarrolladas como, por ejemplo, equipos interdisciplinarios, sistemas de monitorización en tiempo real, logran integrar sostenibilidad en sus operaciones digitales (Kumar et al., 2020). Seguidamente, la teoría de *stakeholders* favorece este análisis al considerar presiones externas. Por ejemplo, consumidores y reguladores están impulsando estándares más estrictos de transparencia ambiental, lo que presiona a las empresas a adoptar herramientas como *blockchain* para trazabilidad de materiales (Broccardo et al., 2023).

Un enfoque prometedor surge de la teoría de sistemas sociotécnicos (Geels, 2004), que analiza cómo tecnologías 4.0 interactúan con prácticas sociales y políticas. Los casos como las redes eléctricas inteligentes demuestran que la sostenibilidad requiere no solo innovación tecnológica, sino también cambios en patrones de consumo y marcos regulatorios (Dantas et al., 2021). Esta perspectiva destaca que las soluciones deben ser sistémicas, integrando dimensiones técnicas, sociales y políticas.

Gestión de proyectos en entornos 4.0

La teoría de contingencia extendida (Lawrence y Lorsch, 1967) analiza la gestión de proyectos 4.0 en contextos VUCA. Autores como Sharma et al. (2022) identifican que el 68% de los fracasos en implementación se deben a rigideces organizacionales, mientras que Vrontis et al. (2023) destacan que los proyectos exitosos comparten tres capacidades: 1) adaptabilidad tecnológica (pilotos escalables de IoT); 2) liderazgo distribuido (equipos multidisciplinares con autonomía); y 3) gobernanza ética de datos (protocolos para mitigar sesgos algorítmicos). Estas capacidades correlacionan con un 30% mayor ROI, validando el enfoque contingente.

Otra teoría que complementa este análisis es la teoría de redes que estudia cómo la estructura de colaboración impacta en los resultados (Hwang et al., 2018). En este sentido, Portela et al. (2016) muestran que proyectos con redes descentralizadas (consorcios industria-universidad) superan a los jerárquicos en innovación, pero enfrentan mayores riesgos de sobrecarga tecnológica. Este hallazgo sugiere que los modelos de gestión deben equilibrar flexibilidad con control.

La teoría de recursos críticos explica por qué el *lock-in* tecnológico es un riesgo recurrente (Pyke, 1984). Las empresas que dependen de soluciones patentadas de proveedores únicos ven limitada su capacidad de adaptación, mientras que aquellas que invierten en estándares abiertos (plataformas API-first) logran mayor resiliencia. Esta perspectiva resalta la importancia de considerar no solo las capacidades internas, sino también las dependencias externas en la planificación estratégica (Subramanian et al., 2021).

Finalmente, la teoría del cambio organizacional (Burnes, 2005) proporciona *insights* para gestionar transiciones. Los casos exitosos combinan: 1) descongelamiento de estructuras tradicionales mediante capacitación técnica; 2) implementación gradual con métricas claras; y (3) institucionalización de prácticas ágiles. Este enfoque trifásico mitiga resistencias y alinea la transformación tecnológica con la cultura organizacional (Martínez et al., 2024).

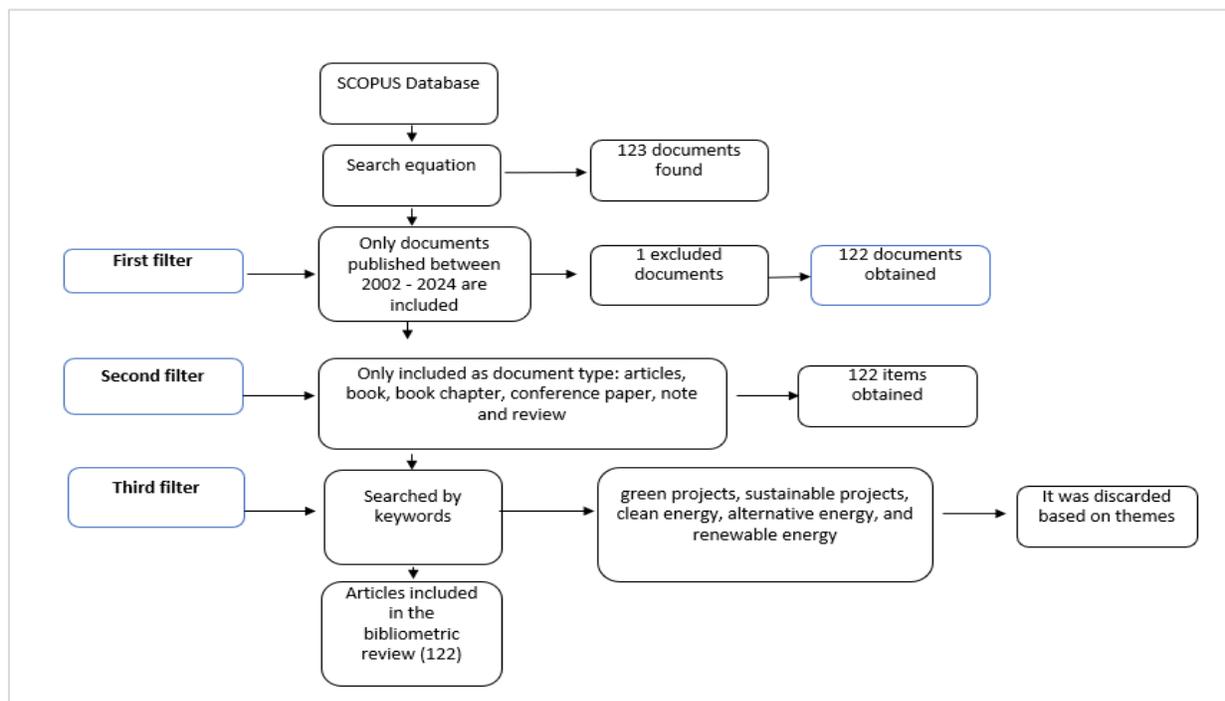
Método

Las 87 fuentes identificadas en la base de datos *Scopus* fueron exportadas en formato *BibTeX*. Para cada registro, se incluyeron todos los datos bibliográficos relevantes, como autor o autores, título del documento, año de publicación, título de la revista o fuente, DOI, afiliaciones, idioma, resumen y palabras clave. Esta información fue organizada y almacenada para facilitar su análisis posterior.

Para llevar a cabo el mapeo científico en el campo de la transformación digital y sostenibilidad, y el rol de la gestión de proyectos en la Industria 4.0, se utilizaron datos recopilados de la base de datos *Scopus*. Se aplicaron métricas y procedimientos bibliométricos para analizar citas, coautorías y cocitas (Rodríguez-Ulcuango et al., 2023). Para identificar las principales tendencias de investigación, se construyó una red temática a partir de las referencias de los 87 registros seleccionados en *Scopus*, utilizando R-studio y el método del *Tree of Science* (ToS).

Este enfoque, basado en la teoría de grafos, facilitó la extracción de datos relevantes de la red, como la tipología y las interrelaciones de los documentos (Temkin et al., 2020). A través de este análisis, se visualizó la estructura del campo de conocimiento, identificando subáreas en las que se agrupan las publicaciones. Se aplicó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para llevar a cabo una selección estructurada y transparente de la literatura pertinente. Este enfoque facilitó una revisión meticulosa de las fuentes, permitiendo la identificación y eliminación de duplicados, así como la exclusión de documentos que no cumplían con los criterios de inclusión establecidos. El proceso de selección se detalla en la Figura 1, que ilustra las etapas de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios considerados en este análisis.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de artículos



Por otro lado, el análisis de *clústeres* se empleó para identificar los principales grupos de investigación relacionados con la transformación digital, sostenibilidad y la gestión de proyectos en la Industria 4.0. Para la visualización de la red, se utilizó la herramienta *Gephi*, que permitió una manipulación eficiente de los datos y la utilización de diversos formatos de entrada. Este enfoque metodológico permitió organizar y analizar la información de manera efectiva, destacando los aspectos más relevantes para el tema de estudio y proporcionando una base sólida para la interpretación de los datos en el contexto de la transformación digital, sostenibilidad y el rol de la gestión de proyectos en la Industria 4.0.

Interpretación de los resultados

El análisis bibliométrico permitió identificar tres enfoques principales en la literatura sobre la relación entre la Industria 4.0 y la gestión de proyectos:

- **Digitalización como eje transformador:** la digitalización surge como un tema central, destacando cómo herramientas avanzadas, como el IoT y el Big Data, están optimizando los procesos de gestión de proyectos. Estos avances facilitan la recolección de datos en tiempo real, mejoran la toma de decisiones y fortalecen la conectividad entre equipos y sistemas.

- **Sostenibilidad integrada en la transformación digital:** la convergencia entre la industria 4.0 y las estrategias de sostenibilidad está promoviendo modelos de gestión más responsables y eficientes. Investigaciones recientes destacan prácticas como la economía circular y el uso eficiente de recursos, abriendo nuevas posibilidades para mitigar el impacto ambiental de los proyectos.
- **Optimización de procesos mediante inteligencia artificial:** La adopción de IA se identifica como un elemento clave para potenciar la automatización y la previsión en la gestión de proyectos. Estudios muestran cómo la IA ayuda a identificar riesgos, optimizar tiempos y costos, y mejorar la adaptabilidad frente a desafíos dinámicos.

Cada uno de estos enfoques representa áreas críticas de desarrollo, que serán analizadas en profundidad en los párrafos siguientes para conectar los hallazgos con el marco teórico y evaluar sus implicaciones prácticas. La interpretación de los resultados en general para estas líneas temáticas revela un crecimiento acelerado y una diversidad notable en el desarrollo científico relacionado con la gestión de proyectos y la Industria 4.0.

En efecto, este campo ha experimentado una tasa anual de crecimiento del 9,35%, con un total de 87 documentos especializados analizados y 349 autores. La alta concentración de publicaciones recientes durante los años 2021, 2022 y 2023, que representan aproximadamente el 66,67% de la producción total, destaca un interés creciente y sostenido en estas temáticas. Este auge reciente subraya no solo el dinamismo en la discusión académica, sino también la relevancia estratégica de estas tecnologías en el entorno global contemporáneo (Tabla 1 y gráfica 1).

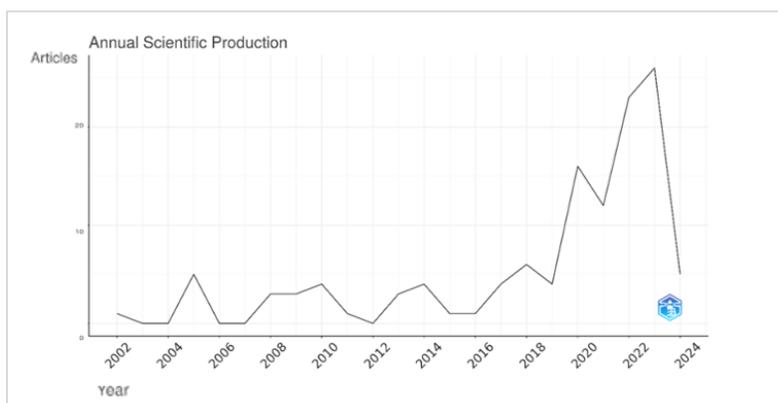
Tabla 1. *Datos generales de la búsqueda*

| Main information about data | |
|------------------------------------|-----------|
| Timespan | 2006-2024 |
| Sources (Journals, Books, etc) | 73 |
| Documents | 87 |
| Annual Growth Rate % | 9,35 |
| Document Average Age | 2,72 |
| Average citations per doc | 5,241 |
| References | 3402 |
| Document contents | |
| Keywords Plus (ID) | 708 |
| Author's Keywords (DE) | 307 |
| Authors | |
| Authors | 349 |
| Authors of single-authored docs | 6 |

| Authors collaboration | |
|--------------------------------|-------|
| Single-authored docs | 6 |
| Co-Authors per Doc | 4,09 |
| International co-authorships % | 20,69 |
| Document types | |
| Article | 23 |
| Book | 2 |
| book chapter | 5 |
| conference paper | 44 |
| conference review | 4 |
| Review | 9 |

Nota. Datos obtenidos empleando el software R y base de datos de Scopus (2024).

Figura 2. *Producción científica anual*



Nota. Datos obtenidos empleando el software R y base de datos de Scopus (2024).

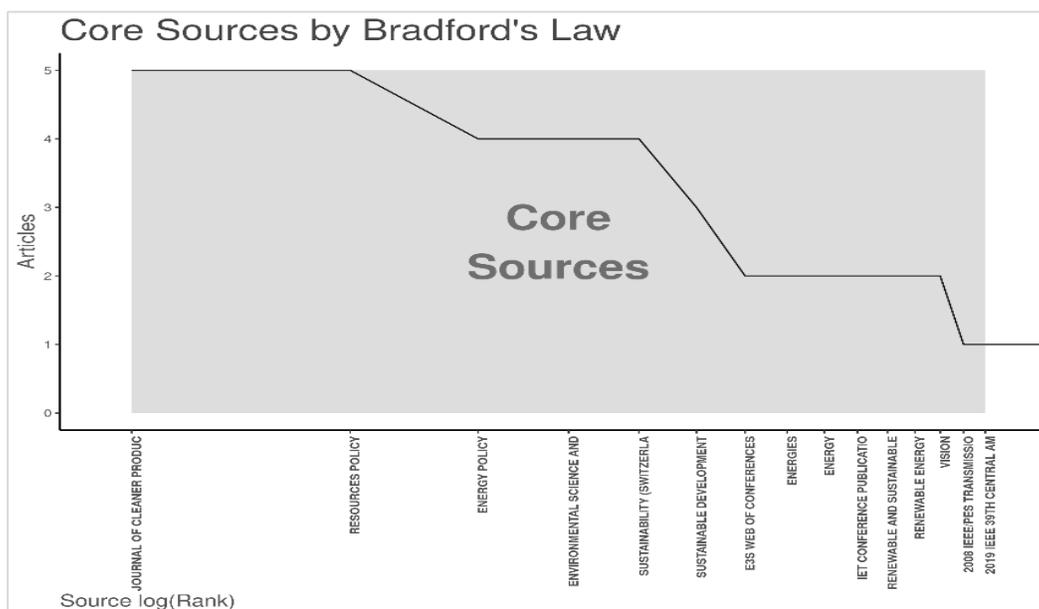
Con respecto al enfoque de digitalización como eje transformador en la gestión de proyectos, el análisis bibliométrico revela una difusión significativa de investigaciones. Según la Ley de Bradford, la zona 1 contiene el 33,33% de los títulos, distribuidos entre 15 revistas líderes, destacándose *Lecture Notes in Networks and Systems* como la revista más relevante, con cinco publicaciones significativas (Tabla 2 y figura 2). Este patrón demuestra una especialización en fuentes clave, mientras que las zonas 2 y 3 reflejan una mayor dispersión, evidenciando la amplitud del campo de estudio.

Tabla 2. *Ley de Bradford*

| Zona | No. Revistas | No. Títulos | Porcentajes |
|--------|--------------|-------------|-------------|
| Zona 1 | 15 | 29 | 33,33% |
| Zona 2 | 30 | 30 | 34,48% |
| Zona 3 | 28 | 28 | 32,18% |

Nota. Datos Scopus (2024).

Figura 3. Ley de Bradford



Nota. Datos Scopus (2024).

En este contexto, los artículos más citados, enumerados en la tabla 3, desempeñan un papel crucial en el desarrollo del conocimiento sobre digitalización en la Industria 4.0. Por ejemplo, el estudio de [Shepherd et al. \(2020\)](#), con 162 citas, analiza cómo superar los obstáculos de la digitalización en la agricultura, con implicaciones que pueden extenderse a otros sectores.

Asimismo, [Perrier \(2020\)](#) examina los avances en la construcción digitalizada, destacando cómo estas tecnologías están redefiniendo las prácticas tradicionales de gestión de proyectos. Ambos trabajos son ejemplos clave de cómo la digitalización impulsa la eficiencia operativa y estratégica en entornos industriales y comerciales.

Además, el artículo de [Anshari y Hamdan \(2022\)](#), citado 32 veces, enfatiza la importancia de la gestión del conocimiento digital y su impacto en la generación de capacidades organizacionales dinámicas, reforzando la conexión entre digitalización y aprendizaje organizacional. Estos artículos consolidan la digitalización como un motor transformador en la planificación y ejecución de proyectos, y su relevancia se refleja en su alta citación en la literatura actual.

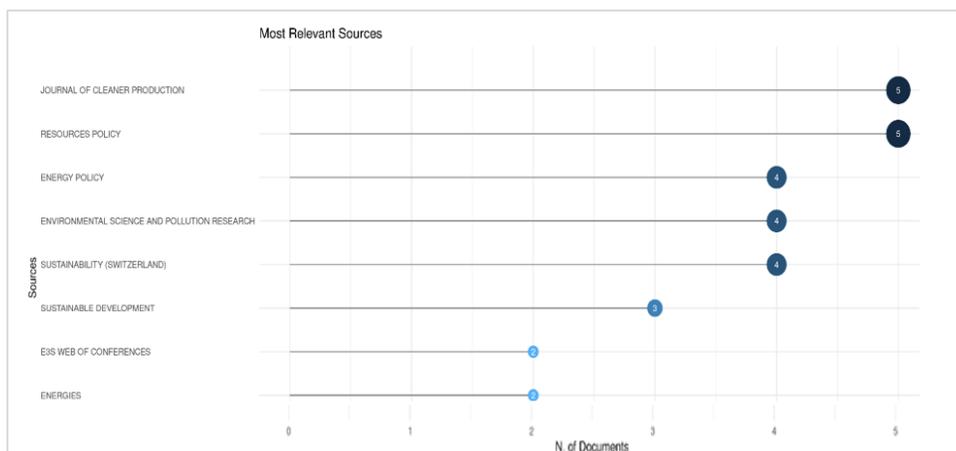
Tabla 3. Artículos más citados

| Paper | DOI | Total Citations | Reference |
|---|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Shepherd M, 2020, J Sci Food Agric | 10.1002/jsfa.9346 | 162 | (Shepherd et al., 2020) |
| Perrier N, 2020, J Inf Technol Constr | 10.36680/J.ITCON.2020.024 | 42 | (Perrier et al., 2020) |
| Anshari M, 2022, Vine J Inform Knowl Manag | 10.1108/VJIKMS-09-2021-0203 | 32 | (Anshari y Hamdan, 2022) |
| Blayone Tjb, 2021, Int J Computer Integr Manuf | 10.1080/0951192X.2020.1836677 | 23 | (Blayone y VanOostveen, 2021) |
| Parsamehr M, 2023, Asian J Civ Eng | 10.1007/s42107-022-00501-4 | 22 | (Parsamehr et al., 2023) |
| Rane Sb, 2022, Intl J Syst Assur Eng Manage | 10.1007/s13198-021-01377-4 | 15 | (Rane y Narvel, 2022) |
| Aibinu Aa, 2020, Constr Manage Econ | 10.1080/01446193.2019.1623409 | 13 | (Aibinu y Papadonikolaki, 2020) |
| Subramanian G, 2021, J Model Manage | 10.1108/JM2-08-2020-0207 | 12 | (Subramanian et al., 2021) |
| Jahanger Qk, 2021, J Manage Eng | 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000903 | 11 | (Jahanger et al., 2021) |
| Sharma M, 2022, Oper Manage Res | 10.1007/s12063-021-00249-1 | 11 | (Sharma et al., 2022) |
| Nakanishi Y, 2022, Front Built Environ | 10.3389/fbuil.2021.632593 | 7 | (Nakanishi et al., 2022) |
| Marc D, 2019, Stud Health Technol Informatics | 10.3233/SHTI190431 | 6 | (Marc et al., 2019) |
| Fobiri G, 2022, Buildings | 10.3390/buildings12091381 | 6 | (Fobiri et al., 2022) |
| Chen C, 2019, Int Conf Smart Infrastruct Constr, Icsic: Driv Data-Inf Decis-Mak | 10.1680/icsic.64669.215 | 6 | (Chen et al., 2019) |
| Reinbold A, 2020, Iglc 28 - Annu Conf Int Group Lean Constr | 10.24928/2020/0021 | 6 | (Reinbold et al., 2020) |
| Murguia D, 2023, J Constr Eng Manage | 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002424 | 6 | (Murguia et al., 2023) |
| Bushuyev S, 2021, Sist - Ieee Int Conf Smart Inf Syst Technol | 10.1109/SIST50301.2021.9465910 | 6 | (Bushuyev et al., 2021) |
| Zhao L, 2021, J Phys Conf Ser | 10.1088/1742-596/1744/2/022010 | 5 | (Zhao et al., 2021) |
| Lima Bf, 2023, Sustainability | 10.3390/su15031756 | 5 | (Lima et al., 2023) |
| Chenya L, 2022, Ieee Access | 10.1109/ACCESS.2022.3189157 | 5 | (Chenya et al., 2022) |
| Singh R, 2021, J Nondestr Eval | 10.1007/s10921-021-00808-3 | 5 | (Singh et al., 2021) |
| Tanner C, 2018, Stud Syst Decis Control | 10.1007/978-3-319-74322-6_7 | 4 | (Tanner y Richter, 2018) |
| Gebretekle Yt, 2022, Can J Civ Eng | 10.1139/cjce-2020-0762 | 4 | (Gebretekle et al., 2022) |
| Goger G, 2018, Geomech Tunnelbau | 10.1002/geot.201800058 | 4 | (Goger y Bisenberger, 2018) |

Nota. Datos obtenidos empleando el software R y base de datos de Scopus (2024).

En este sentido, la figura 3 muestra las fuentes más relevantes en este campo, reforzando el impacto de revistas como *Lecture Notes in Networks and Systems* y *Society of Petroleum Engineers - Abu Dhabi International*. Este conjunto de datos proporciona una visión global sobre cómo la digitalización está siendo tratada y explorada por la comunidad académica.

Figura 3. *Fuentes relevantes*



De forma general, el análisis bibliométrico y la evaluación de artículos más citados resaltan el papel central de la digitalización como eje transformador en la gestión de proyectos. Su integración con tecnologías avanzadas como *IoT* y *Big Data* no solo mejora la recolección de datos en tiempo real, sino que también optimiza la toma de decisiones y fortalece la conectividad entre sistemas y equipos, develando nuevas oportunidades para la innovación y la eficiencia en un entorno industrial dinámico.

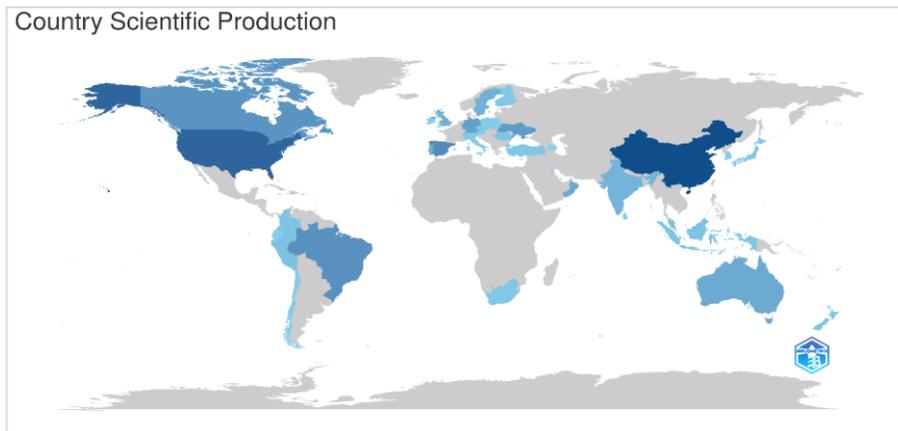
Con respecto al enfoque de sostenibilidad integrada en la transformación digital, hay que señalar que este enfoque refleja un esfuerzo global hacia la innovación tecnológica, promovido por la colaboración internacional de países como India, que lidera con 43 aportes (15,69% de las publicaciones), seguido por Italia con 42 aportes y España con 29 contribuciones (Tabla 4).

Tabla 4. *Producción científica por país*

| Country | Frequency |
|-----------|-----------|
| India | 43 |
| Italy | 42 |
| Spain | 29 |
| Portugal | 20 |
| Malaysia | 19 |
| Uk | 15 |
| Brazil | 12 |
| Pakistan | 12 |
| Australia | 9 |
| Nigeria | 7 |

Para ilustrar esta diversidad geográfica, se presenta la figura 4, que evidencia el liderazgo de estos países en términos de productividad científica. Esta representación visual complementa el análisis al destacar el impacto y la participación de diferentes regiones en el desarrollo de prácticas sostenibles integradas con tecnologías emergentes.

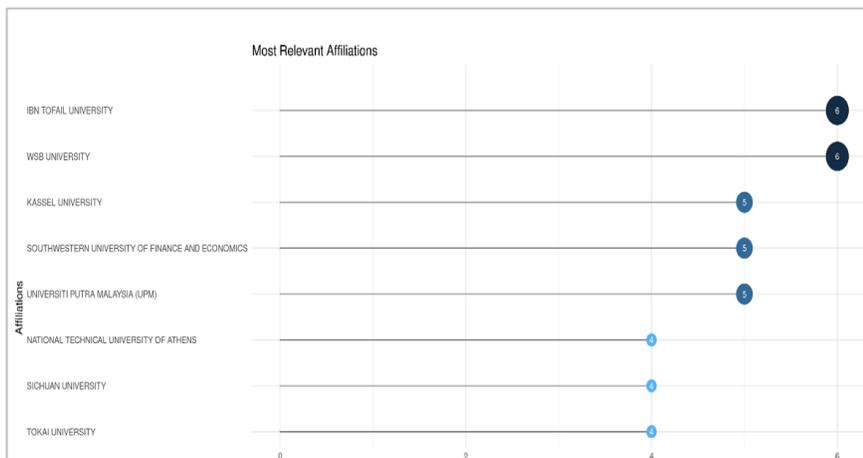
Figura 4. *Producción científica entre países*



Adicionalmente, la revista *Lecture Notes in Networks and Systems* juega un papel importante en la difusión del conocimiento sobre sostenibilidad e Industria 4.0, ya que cubre temas como redes de decisión, procesos complejos y desarrollo regenerativo. Esto refuerza la importancia de la sostenibilidad como eje central en la transformación digital. Por otra parte, la implementación de estas tecnologías no solo optimiza recursos, sino que también plantea desafíos significativos, como el rezago del sector de la construcción en comparación con otros sectores, como lo evidencian las investigaciones de Underwood y Isikdag (2011).

Estos hallazgos recalcan la necesidad de estrategias específicas que incorporen prácticas sostenibles, enfocadas en lo internacional y el impacto de instituciones líderes como CARTIF Technology Center, RMIT University y Ohio State University (Figura 5). Sin dejar de considerar que en muchos casos los investigadores de dichas instituciones son coautores entre ellos, aglutinan el 14,42% del total de publicaciones.

Figura 5. *Afiliaciones más relevantes*

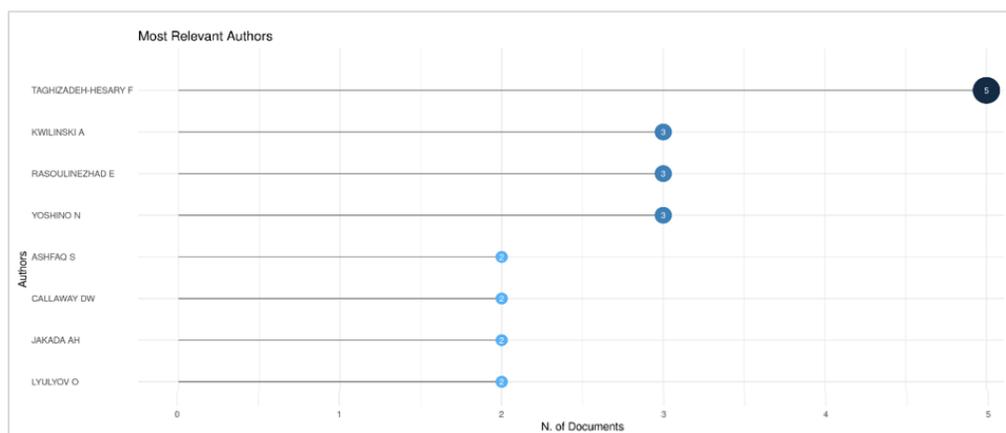


Desde otro punto de vista, la Industria 4.0 aún no cumple plenamente en el sector de la construcción. Este sector todavía está a la zaga de otras industrias en términos de inversión y adopción de tecnologías 4.0, incluidos servicios empresariales, manufactura, finanzas, transporte y servicios públicos (Underwood y Isikdag, 2011; Zhu y Liu, 2020). Además, la gestión del conocimiento promueve una estrategia a largo plazo para adquirir las habilidades y competencias necesarias, deshacerse de la información obsoleta y mejorar la capacidad de la organización para recuperar información y competencias importantes para que no se pierdan ni se dupliquen (Anshari y Hamdan, 2022).

Por otro lado, la evaluación de la productividad de los investigadores se llevó a cabo utilizando el índice de frecuencia, el cual evidencia que el investigador PHD lidera con cuatro contribuciones. Le siguen Bushuyeva et al. (2021) cada uno con dos aportes significativos. Este análisis pone de manifiesto la contribución individual de los autores más destacados en el campo. Posteriormente, se aplicó la *Ley de Lotka*, una herramienta bibliométrica que describe la distribución de productividad de los autores. Este modelo dejar ver que la mayoría de los artículos están concentrados en una pequeña proporción de autores altamente productivos, mientras que una gran cantidad de autores realiza contribuciones únicas o esporádicas. Esta ley provee una forma clara sobre cómo los autores influyen en el desarrollo y avance del conocimiento en esta área del saber, así como lo señalan Kadirhanogullari y Kose (2024).

Por su parte, la figura 7, representa a los autores más relevantes, refuerza estos hallazgos al mostrar la distribución visual de las contribuciones de los investigadores en función de su frecuencia de publicaciones. Este análisis permite comprender mejor las dinámicas de colaboración y especialización en el campo de la Industria 4.0 y la gestión de proyectos.

Figura 7. Autores más relevantes



Evaluación crítica

El análisis de la producción científica en el ámbito de la gestión de proyectos y la Industria 4.0 revela tanto aspectos positivos como áreas de mejora. El incremento del 9,35% en la producción científica anual y la alta concentración de publicaciones recientes subrayan el interés en estos temas. Esta tendencia positiva indica una vitalidad y dinamismo en la investigación, con una notable expansión en la discusión académica en años recientes. Sin embargo, la alta concentración de publicaciones en un número reducido de revistas, según la Ley de Bradford, sugiere una posible saturación en las principales fuentes, lo que podría limitar la diversidad de perspectivas y enfoques.

Además, la predominancia de países como India, Italia y España en la publicación científica podría señalar una falta de representación y contribuciones de otras regiones, especialmente de América Latina, lo cual es una debilidad significativa dada la creciente importancia de la Industria 4.0 en esta región. La lógica empírica del estudio es sólida, con una clara correlación entre el aumento de publicaciones y el interés en la convergencia de la gestión de proyectos e Industria 4.0.

El análisis de *clústeres* mediante *VOSviewer*, que identificó términos clave como *Project management*, *Construction industry*, *Industry 4.0*, *Digitalization*, *Efficiency*, *Metadata* y *Artificial intelligence*, destaca estos temas emergentes y de alta relevancia en el campo. Estos términos no solo enfatizan las áreas de interés actual, sino que también reflejan la dirección hacia la cual se mueve la investigación y la práctica en la gestión de proyectos.

La pertinencia del tema para América Latina es evidente. La región, aunque actualmente menos representada en la producción científica, tiene un potencial característico para adoptar y beneficiarse de las tecnologías de la Industria 4.0. La creciente necesidad de innovación y eficiencia en la gestión de proyectos en América Latina resalta la importancia de abordar este campo con un enfoque más inclusivo y participativo. La inclusión de perspectivas latinoamericanas en la investigación y la práctica puede contribuir a un desarrollo más equilibrado y adaptado a las realidades y desafíos específicos de la región.

Para avanzar en el conocimiento sobre la intersección entre la Industria 4.0 y la sostenibilidad, futuras investigaciones podrían explorar enfoques cualitativos y mixtos que complementen el análisis bibliométrico con estudios de campo. En particular, podría ser importante la implementación de estrategias de digitalización en pequeñas y medianas empresas, que enfrentan retos específicos en la adopción de tecnologías emergentes.

Asimismo, sería importante estudiar el impacto de las políticas públicas en la promoción de la Industria 4.0 y la sostenibilidad, con un enfoque en los incentivos gubernamentales y las regulaciones en la adopción tecnológica. Así como también, se podrían abordar el papel de la formación y capacitación profesional en la preparación de la fuerza laboral para enfrentar los desafíos de la transformación digital en distintos sectores industriales. También es importante fortalecer las redes de colaboración académica y empresarial en América Latina, orientadas a generar conocimiento adaptado a las necesidades de la región. La cooperación entre universidades, centros de investigación y sectores productivos puede impulsar la transferencia de tecnología y fomentar estrategias que aceleren la transformación digital en los mercados emergentes.

En general, mientras el estudio muestra una tendencia positiva en la producción científica y un interés creciente en la convergencia de la gestión de proyectos e Industria 4.0, también destaca áreas para mejorar, como la diversificación de publicaciones y la inclusión de perspectivas globales. La relevancia del tema para América Latina se centra en la necesidad de fomentar una mayor participación de la región en la investigación y la aplicación de tecnologías emergentes para optimizar la gestión de proyectos.

Contribución de autores

Este estudio aporta al campo de la gestión de proyectos y la Industria 4.0 al proponer un modelo integrado que conecta ambos ámbitos. En esta sección se explica cómo el modelo no solo amplía la comprensión teórica del tema, sino que también devela aplicaciones prácticas para la gestión de proyectos en este contexto.

Modelo integrado de gestión de proyectos e industria 4.0

El modelo integrado propuesto se basa en la interacción entre seis componentes clave identificados en el análisis de *clústeres*: *Project Management*, *Construction Industry*, *Industry 4.0*, *Digitalization*, *Efficiency*, y *Artificial Intelligence*. Cada uno de estos componentes representa un pilar fundamental en la convergencia de la gestión de proyectos con las tecnologías emergentes de la Industria 4.0. Dentro de los elementos del modelo se encuentran los siguientes:

- **Digitalización y eficiencia operativa:** este primer componente se centra en la digitalización y su impacto en la eficiencia operativa de los proyectos. Esta permite la implementación de herramientas avanzadas como sistemas de gestión de proyectos basados en la nube y plataformas de colaboración en tiempo real, que optimizan los procesos, reducen costos y mejoran la coordinación entre equipos.

La integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la analítica avanzada facilita una supervisión constante y una toma de decisiones basada en datos precisos.

- **Inteligencia Artificial y automatización:** este segundo componente integra la inteligencia artificial (IA) y la automatización en la gestión de proyectos. La IA puede ser utilizada para predecir riesgos, automatizar tareas rutinarias y proporcionar recomendaciones basadas en análisis de grandes volúmenes de datos. Esta capacidad de previsión y automatización no solo mejora la eficiencia, sino que también permite una respuesta ágil a cambios y desafíos inesperados durante el ciclo de vida del proyecto.
- **Gestión de la Información y metadata:** la gestión eficaz de la información y la metadata es fundamental en el contexto de la Industria 4.0. El modelo propone la adopción de sistemas avanzados de gestión de datos que aseguran la integridad, accesibilidad y seguridad de la información. La correcta gestión de la metadata permite una mejor integración de los sistemas de información, facilitando la interoperabilidad entre diferentes plataformas y herramientas utilizadas en la gestión de proyectos.
- **Construcción inteligente y sostenibilidad:** en el ámbito de la construcción, el modelo sugiere la incorporación de prácticas de construcción inteligente que optimizan el uso de recursos y promueven la sostenibilidad. La implementación de tecnologías como el modelado de información de construcción (BIM) y sistemas de energía eficiente contribuye a la reducción de desperdicios y al aumento de la durabilidad de los proyectos.
- **Modelos de gestión adaptativos:** el modelo también propone la adopción de modelos de gestión adaptativos que se ajustan a las dinámicas cambiantes de los proyectos en la era de la Industria 4.0. Esto incluye la capacidad de ajustar estrategias de gestión en función de datos en tiempo real y la flexibilidad para adaptar los procesos a nuevas tecnologías y métodos emergentes ().
- **Colaboración Internacional y Redes de Conocimiento:** enfatiza la importancia de la colaboración internacional y la formación de redes de conocimiento para el avance continuo en la gestión de proyectos y la Industria 4.0. La colaboración global permite compartir mejores prácticas, innovaciones y tecnologías, promoviendo un desarrollo más rápido y eficiente en el ámbito de la gestión de proyectos.

En conjunto, la propuesta del modelo integrado ofrece una base sólida para avanzar en la comprensión y aplicación de la convergencia entre la gestión de proyectos y la Industria 4.0. Al abordar aspectos como la digitalización, la inteligencia artificial, la gestión de la información y la sostenibilidad. Asimismo, puede guiar a los profesionales y las organizaciones en la adaptación y optimización de sus prácticas de gestión de proyectos en un entorno tecnológico en constante evolución (Marc et al., 2019).

Conclusiones

El presente estudio confirma que la integración de las tecnologías de la Industria 4.0 en la gestión de proyectos está redefiniendo no solo los paradigmas operativos, sino también los enfoques estratégicos en diversos sectores industriales. Al analizar la producción científica, se observa que el crecimiento y la concentración recientes reflejan un interés acelerado y sostenido en estas tecnologías, con impactos que trascienden la optimización de procesos para abarcar dimensiones como sostenibilidad, eficiencia operativa y adaptabilidad en entornos empresariales dinámicos.

La concentración geográfica y editorial identificada, liderada por países como India, Italia y España, junto con instituciones académicas prominentes, resalta una brecha en la representación de regiones como América Latina, donde la adopción de la Industria 4.0 aún enfrenta barreras importantes. Este hallazgo pone de manifiesto la necesidad de fomentar una colaboración internacional más inclusiva y adaptada a las particularidades regionales.

Desde una perspectiva teórica, la convergencia de términos clave como gestión de proyectos, digitalización e inteligencia artificial no solo enfatiza la relevancia de estas tecnologías, sino que también plantea interrogantes sobre cómo las empresas pueden diseñar estrategias integradoras que maximicen el retorno sobre inversión mientras minimizan las externalidades negativas. En este sentido, la teoría de sistemas sociotécnicos y capacidades dinámicas se convierte en un marco crucial para interpretar y proyectar los beneficios sostenibles de la digitalización.

El aporte principal de esta investigación radica en demostrar teóricamente que la Industria 4.0 no solo es una herramienta para mejorar la gestión de proyectos, sino una plataforma para promover una transformación organizacional más profunda. La colaboración entre tecnología y gestión surge como un eje fundamental para construir modelos de negocio resilientes y sostenibles que puedan adaptarse a las demandas cambiantes del mercado global.

En general, la Industria 4.0 no solo representa un catalizador de eficiencia, sino un desafío multidimensional que demanda marcos de gestión holísticos. Este estudio invita a repensar las estrategias de innovación, equilibrando tecnología, sostenibilidad y equidad, con el fin de construir proyectos resilientes en un mundo cada vez más interconectado y complejo.

Referencias

- Aibinu, A. A., & Papadonikolaki, E. (2020). Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. *Construction management and economics*, 38(5), 420-446. <https://ideas.repec.org/a/taf/conmgt/v38y2020i5p420-446.html>
- Allegri, S. A., McCoy, K., & Mitchell, C. S. (2022). CompositeView: A network-based visualization tool. *Big data and cognitive computing*, 6(2), 66. <https://doi.org/10.3390/bdcc6020066>
- Anshari, M., & Hamdan, M. (2022). Understanding knowledge management and upskilling in Fourth Industrial Revolution: transformational shift and SECI model. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 52(3), 373-393. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-09-2021-0203>
- Antony, J., Sony, M., Garza-Reyes, J. A., McDermott, O., Tortorella, G., Jayaraman, R., Sucharitha, R.S. Salentijn, W., & Maalouf, M. (2023). Industry 4.0 benefits, challenges and critical success factors: a comparative analysis through the lens of resource dependence theory across continents and economies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(7), 1073-1097. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2022-0371>.
- Anumbe, N., Saidy, C., & Harik, R. (2022). A Primer on the Factories of the Future. *Sensors*, 22(15), 5834. <https://doi.org/10.3390/s22155834>.
- Asadollahi-Yazdi, E., Couzon, P., Nguyen, N. Q., Ouazene, Y., & Yalaoui, F. (2020). Industry 4.0: revolution or evolution? *American Journal of Operations Research*, 10(06), 241-268. <http://www.scirp.org/journal/Paperabs.aspx?PaperID=103411>
- Bílková, M., Greco, G., Palmigiano, A., Tzimoulis, A., & Wijnberg, N. (2018). The logic of resources and capabilities. *The Review of Symbolic Logic*, 11(2), 371-410. <https://doi.org/10.1017/S175502031700034X>
- Blayone, T. J., & VanOostveen, R. (2021). Prepared for work in Industry 4.0? Modelling the target activity system and five dimensions of worker readiness. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1836677>
- Broccardo, L., Zicari, A., Jabeen, F., & Bhatti, Z. A. (2023). How digitalization supports a sustainable business model: A literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122146. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122146>.
- Burnes, B. (2005). Complexity theories and organizational change. *International journal of management reviews*, 7(2), 73-90. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2005.00107.x>
- Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Bushuiev, D., Babayev, I., & Babayev, J. (2021). Modeling Leadership for developing information technologies based on Agile methodology. In *2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIST50301.2021.9465910>

- Chen, C., Tang, L. C. M., & Jin, Y. (2019). Development of 5D BIM-based management system for pre-fabricated construction in China. In *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC) Driving data-informed decision-making* (pp. 215-224). ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/icsic.64669.215>
- Chenya, L., Aminudin, E., Mohd, S., & Yap, L. S. (2022). Intelligent risk management in construction projects: Systematic Literature Review. *IEEE Access*, *10*, 72936-72954. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3189157>
- Dantas, T. E., de-Souza, E. D., Destro, I. R., Hammes, G., Rodriguez, C. M. T., & Soares, S. R. (2021). How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable production and consumption*, *26*, 213-227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Dass, A. K., Nayak, M., Pattanaik, S. R., & Panigrahi, A. (2023). Cloud Computing in Industrial Automation Systems and its Future. *Research and Applications: Embedded System*, *6*(3), 8-18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10208415>
- Ejmont, K., Gladysz, B., & Kluczek, A. (2020). Impact of industry 4.0 on sustainability—bibliometric literature review. *Sustainability*, *12*(14), 5650. <https://doi.org/10.3390/su12145650>
- Fatimah, Y. A., Govindan, K., Murniningsih, R., & Setiawan, A. (2020). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. *Journal of cleaner production*, *269*, 122263. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263>
- Fobiri, G., Musonda, I., & Muleya, F. (2022). Reality capture in Construction Project Management: A review of opportunities and challenges. *Buildings*, *12*(9), 1381. <https://doi.org/10.3390/buildings12091381>
- Frank, A. G., Mendes, G. H., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, *141*, 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>
- Gebretekle, Y. T., Kamau, D. W., Raoufi, M., & Fayek, A. R. (2022). Digitalization Opportunities Road Mapping Tool (DORMT©): A framework to assess digitalization opportunities in construction organizations. *Canadian Journal of Civil Engineering*, *49*(2), 171-182. <https://doi.org/10.1139/cjce-2020-0762>
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, *33*(6-7), 897-920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Goger, G., & Bisenberger, T. (2018). Tunnelling 4.0—Construction-related future trends: Tunnelbau 4.0—Baubetriebliche Zukunftstrends. *Geomechanics and Tunneling*, *11*(6), 710-721. <https://doi.org/10.1002/geot.201800058>

- Gupta, S., Justy, T., Kamboj, S., Kumar, A., & Kristoffersen, E. (2021). Big data and firm marketing performance: Findings from a knowledge-based view. *Technological Forecasting and Social Change*, *171*, 120986. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120986>
- Hargadon, A. B. (2002). Brokering knowledge: Linking learning and innovation. *Research in Organizational Behavior*, *24*, 41-85. [https://doi.org/10.1016/S0191-3085\(02\)24003-4](https://doi.org/10.1016/S0191-3085(02)24003-4)
- Holland, J. H. (1992). Complex adaptive systems. *Daedalus*, *121*(1), 17-30. <https://www.jstor.org/stable/20025416>
- Hwang, S., Kim, Y. I., & Shin, J. (2018). An analysis of herding in the Korean stock market using Network Theory. *Korean Journal of Financial Studies*, *47*(3), 505-542. <https://doi.org/10.26845/KJFS.2018.06.47.3.505>
- Jahanger, Q. K., Louis, J., Trejo, D., & Pestana, C. (2021). Potential influencing factors related to digitalization of construction-phase information management by project owners. *Journal of Management in Engineering*, *37*(3), 04021010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000903](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000903)
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Artificial intelligence applications for industry 4.0: A literature-based study. *Journal of Industrial Integration and Management*, *7*(01), 83-111. <https://doi.org/10.1142/S2424862221300040>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enabling flexible manufacturing system (FMS) through the applications of industry 4.0 technologies. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, *2*, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2022.05.005>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable operations and computers*, *3*, 203-217. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>
- Joyce, A., & Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of cleaner production*, *135*, 1474-1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>
- Kadirhanogullari, M., & Kose, E. (2024). A bibliometric analysis of articles on bibliometric studies in science education. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, *10*(2), 315-339. <https://doi.org/10.46328/ijres.3370>
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): an analysis of 221 definitions. *Resources, conservation and recycling*, *194*, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of cleaner production*, *275*, 124063. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>

- Lawrence, P., & Lorsch, J. W. (1967). Differentiation and integration in complex organizations. *Administrative science quarterly*, 1-47. <https://doi.org/10.2307/2391211>
- Lima, B. F., Neto, J. V., Santos, R. S., & 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), 1756. <https://doi.org/10.3390/su15031756>
- Lu, Y., & de Vries, W. T. (2021). A bibliometric and visual analysis of rural development research. *Sustainability*, 13(11), 6136. <https://doi.org/10.3390/su13116136>.
- Marc, D., Butler-Henderson, K., Dua, P., Lalani, K., & Fenton, S. H. (2019). Global workforce trends in health informatics & information management. In *MEDINFO 2019: Health and Wellbeing e-Networks for All* (pp. 1273-1277). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/SHTI190431>.
- Martinelli, A., Mina, A., & Moggi, M. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 161-188. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa060>.
- Martínez, J., Hernández, H. y Novoa, D. J. (2024). Mecanismo de operadores logísticos en la consecución de proyectos para la generación de valor. *Revista Saber, Ciencia y Libertad*, 19(1), 279 – 294. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2024v19n1.11408>
- Mubarak, M. F., & Petraite, M. (2020). Industry 4.0 technologies, digital trust and technological orientation: What matters in open innovation? *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120-332. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120332>.
- Munirathinam, S. (2020). Industry 4.0: Industrial internet of things (IIOT). *Advances in computers*, 117(1), 129-164. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2019.10.010>
- Murguía, D., Vasquez, C., Demian, P., & Soetanto, R. (2023). BIM adoption among contractors: a longitudinal study in Peru. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(1), [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002424](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002424)
- Nakanishi, Y., Kaneta, T., & Nishino, S. (2022). A review of monitoring construction equipment in support of construction project management. *Frontiers in Built Environment*, 7, 632593. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.632593>
- Nardo, M., Forino, D., & Murino, T. (2020). The evolution of man-machine interaction: The role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production & manufacturing research*, 8(1), 20-34. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1737592>
- Niederman, F. (2021). Project management: openings for disruption from AI and advanced analytics. *Information Technology & People*, 34(6), 1570-1599. <https://doi.org/10.1108/ITP-09-2020-0639>.

- Novoa, D. J., Martínez Ventura, J. L., & Hernández Palma, H. G. (2024). Gestión de proyectos con enfoque estandarizado en instituciones de salud Colombia. *Revista Venezolana De Gerencia*, 29(11), 568-580. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.e11.45>
- Parsamehr, M., Perera, U. S., Dodanwala, T. C., Perera, P., & Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 353-389. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00501-4>.
- Perrier, N., Bled, A., Bourgault, M., Cousin, N., Danjou, C., Pellerin, R., & Roland, T. (2020). Construction 4.0: A survey of research trends. *Journal of Information Technology in Construction*, 25, 416-437. <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2020.024>
- Pyke, G. H. (1984). Optimal foraging theory: a critical review. *Annual review of ecology and systematics*, 15, 523-575. <https://www.jstor.org/stable/2096959>.
- Portela, F., Lima, L., & Santos, M. F. (2016). Why big data? Towards a project assessment framework. *Procedia Computer Science*, 98, 604-609. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.094>
- Powell, W. W., & DiMaggio, P. J. (Eds.). (2012). *The new institutionalism in organizational analysis*. University of Chicago press.
- Rane, S. B., & Narvel, Y. A. M. (2022). Data-driven decision making with Blockchain-IoT integrated architecture: a project resource management agility perspective of industry 4.0. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(2), 1005-1023. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01377-4>
- Rauch, E. (2020). Industry 4.0+: The next level of intelligent and self-optimizing factories. In *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III* (pp. 176-186). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50794-7_18
- Reinbold, A., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). The Role of Digitalized Visual Management to Empower Selfmanaged Crews in Construction Projects. In *Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 925-935). International Group for Lean Construction (IGLC). <https://doi.org/10.24928/2020/0021>
- Rodriguez-Ulcuango, O., Guerra-Flores, C., Quispe Fernandez, G., Ayaviri-Nina, D., & Giner Pérez, J. M. (2023). Bibliometric Analysis of Determining Factors in Entrepreneurial Intention. Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/133770>.
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>.

- Sharma, M., Luthra, S., Joshi, S., & Joshi, H. (2022). Challenges to agile project management during COVID-19 pandemic: an emerging economy perspective. *Operations Management Research*, 15(1), 461-474. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00249-1>
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., & Wheeler, D. (2020). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14), 5083-5092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>
- Singh, R., Garg, V., & GPT-3. (2021). Human factors in nde 4.0 development decisions. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 40(3), 71. <https://doi.org/10.1007/s10921-021-00808-3>
- Subramanian, G., Patil, B. T., & Gardas, B. B. (2021). Evaluation of enablers of cloud technology to boost industry 4.0 adoption in the manufacturing micro, small and medium enterprises. *Journal of Modelling in Management*, 16(3), 944-962. <https://doi.org/10.1108/JM2-08-2020-0207>.
- Tanner, C., & Richter, S. L. (2018). Digitalizing B2B business processes—the learnings from E-invoicing. *Business Information Systems and Technology 4.0: New Trends in the Age of Digital Change*, 103-116. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74322-6_7.
- Teece, D. J. (2018). Dynamic capabilities as (workable) management systems theory. *Journal of Management & Organization*, 24(3), 359-368. <https://doi.org/10.1017/jmo.2017.75>.
- Temkin, O. N., Zeigarnik, A. V., & Bonchev, D. G. (2020). *Chemical reaction networks: a graph-theoretical approach*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003067887>.
- Turner, P., & Turner, P. (2021). The Fourth Industrial Revolution. *The Making of the Modern Manager: Mapping Management Competencies from the First to the Fourth Industrial Revolution*, 131-161. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81062-7_5
- Underwood, J., & Isikdag, U. (2011). Emerging technologies for BIM 2.0. *Construction Innovation*, 11(3), 252-258. <https://doi.org/10.1108/14714171111148990>
- Vrontis, D., Christofi, M., Pereira, V., Tarba, S., Makrides, A., & Trichina, E. (2023). Artificial intelligence, robotics, advanced technologies and human resource management: a systematic review. *Artificial Intelligence and International HRM*, 172-201. <https://doi.org/10.4324/9781003377085>.
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2010). Ecological modernization theory: Theoretical and empirical challenges. In *The International Handbook of Environmental Sociology, Second Edition*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781849805520.00014>
- Zhao, L., Deng, J., Ma, Y., & Zhu, Y. (2021, February). Design of digital business center of enterprise project management system based on Information Technology. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1744 (2). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/2/022010>
- Zhu, J., y Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321–335. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>