



Artículo de Revisión de la Literatura **Habilidades Digitales y Transformación Sostenible en el Sector Manufacturero Mexicano: Una Perspectiva desde el Capital Humano y la Industria 4.0**

Digital Skills and Sustainable Transformation in the Mexican Manufacturing Sector: A Human Capital and Industry 4.0 Perspective

Luis Alberto Sánchez Beltrán¹ y Verónica Vanessa León Palma²

¹Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma de Occidente, Culiacán, 80020, México;

²Escuela Normal de Sinaloa, Culiacán, 80180, México.

luis.sanchezb@uadeo.mx

vanessaleonens@normales.mx

INFORMACIÓN

Historial del Artículo

Recibido:

Marzo 24, 2026

Aceptado:

Septiembre 01, 2026

Publicado:

Septiembre 09, 2026

Palabras clave

Habilidades digitales

Transformación digital

Industria 4.0

Sector manufacturero

Capital humano

Manufactura sostenible

RESUMEN

En un entorno dinámico y en constante transformación, el sector manufacturero mexicano enfrenta el reto de reorganizar sus capacidades productivas, fortalecer la innovación y avanzar hacia modelos más sostenibles en un contexto marcado por la digitalización y la volatilidad económica. En este escenario, la brecha digital y la acelerada evolución tecnológica se presentan como condiciones que limitan la competitividad, la sostenibilidad y la capacidad de adaptación del sector. El objetivo de esta investigación es analizar la relación entre el desarrollo de habilidades digitales y la transformación sostenible del sector manufacturero en México, desde una perspectiva vinculada con el capital humano y la Industria 4.0, identificando sus principales retos e implicaciones. Para ello, se emplea un enfoque cualitativo de carácter documental, basado en la revisión e interpretación de literatura científica, informes institucionales y documentos especializados. El análisis documental permite reconocer que las habilidades digitales constituyen un componente estratégico para la adaptación tecnológica, la optimización de recursos, la eficiencia productiva y la implementación de prácticas sostenibles. Asimismo, se identifican brechas relevantes en la formación del capital humano, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la capacitación continua y la vinculación entre gobierno, industria e instituciones educativas. Se concluye que el desarrollo de habilidades digitales representa un elemento relevante para impulsar una transformación manufacturera más competitiva, inclusiva y resiliente.

©2026. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia
CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Cómo citar:

Sánchez Beltrán, L. A., y León Palma, V. V. (2026). Habilidades digitales y transformación sostenible en el sector manufacturero mexicano: una perspectiva desde el capital humano y la Industria 4.0. *Revista Lince de Ciencias Sociales, Humanidades y Tecnologías*, 2(2), 1-19. <https://doi.org/10.63622/RLI/2026.02/01>.

MANUSCRIPT INFO

Article History

Received:

March 24, 2026

Accepted:

September 01, 2026

Published:

September 09, 2026

Keywords

Digital skills

Digital transformation

Industry 4.0

Manufacturing sector

Human capital

Sustainable manufacturing

ABSTRACT

In a dynamic and constantly changing environment, the Mexican manufacturing sector faces the challenge of reorganizing its productive capabilities, strengthening innovation, and moving toward more sustainable models in a context shaped by digitalization and economic volatility. In this scenario, the digital divide and rapid technological change are presented as conditions that limit the sector's competitiveness, sustainability, and capacity for adaptation. The objective of this research is to analyze the relationship between the development of digital skills and the sustainable transformation of the manufacturing sector in Mexico, from a perspective linked to human capital and Industry 4.0, identifying its main challenges and implications. To this end, a qualitative documentary approach is employed, based on the review and interpretation of scientific literature, institutional reports, and specialized documents. The documentary analysis makes it possible to recognize that digital skills constitute a strategic component for technological adaptation, resource optimization, productive efficiency, and the implementation of sustainable practices. Likewise, relevant gaps are identified in human capital development, highlighting the need to strengthen continuous training and collaboration among government, industry, and educational institutions. It is concluded that the development of digital skills represents a relevant element for promoting a more competitive, inclusive, and resilient transformation of the manufacturing sector.

1. Introducción

La manufactura de bienes de consumo constituye un pilar fundamental de la economía global, al desempeñar un papel clave en el crecimiento económico y la generación de bienestar social de las naciones. No obstante, este sector enfrenta retos significativos derivados de la transformación digital y de la creciente necesidad de adoptar prácticas productivas responsables. En este contexto, México requiere impulsar estrategias de modernización que fortalezcan la competitividad del sector manufacturero y permitan asegurar un crecimiento económico sostenible en el largo plazo.

La experiencia derivada de la pandemia por COVID-19 evidenció tanto la relevancia del sector como las desigualdades estructurales existentes en términos de desarrollo sostenible y equidad productiva. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2021), es necesaria una colaboración coordinada y centrada en las personas para avanzar hacia una transformación productiva alineada con los objetivos de desarrollo sostenible. Asimismo, el desarrollo de competencias técnicas y profesionales en el capital humano se posiciona como un factor estratégico para enfrentar los cambios del entorno productivo. Aunque investigaciones previas han abordado la transformación digital, la Industria 4.0 y la sostenibilidad desde distintas perspectivas, aún se requiere profundizar en el papel que desempeñan las habilidades digitales como punto de conexión entre el capital humano, la competitividad y la transformación sostenible del sector manufacturero mexicano.

Esta brecha resulta relevante, ya que permite analizar no solo la adopción tecnológica, sino también las capacidades que necesitan los trabajadores y las organizaciones para aprovechar dichas tecnologías en favor de procesos productivos más eficientes y sostenibles. World Economic Forum (2023) señala que una proporción importante de las habilidades requeridas en el mercado laboral se transformará en el corto plazo, lo que evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de formación continua. Bajo esta lógica, el estudio analiza los retos y oportunidades asociados al

desarrollo de habilidades digitales en el sector manufacturero en México, considerando su relación con la transformación productiva y la sostenibilidad. Para ello, se realiza un análisis cualitativo de carácter documental, basado en la revisión e interpretación de literatura científica, informes institucionales y documentos especializados.

1.1. Planteamiento del problema

El sector manufacturero en México opera en un entorno caracterizado por dinámicas aceleradas de digitalización y por una creciente presión para integrar prácticas sostenibles. No obstante, a pesar de los avances en conectividad y modernización tecnológica, persisten brechas relevantes en el desarrollo de habilidades digitales dentro de la fuerza laboral de acuerdo con Gontero y Novella (2021), en un estudio publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), lo que limita la capacidad de las organizaciones para adaptarse a los cambios tecnológicos, innovar en sus procesos productivos y mejorar su competitividad.

En este contexto, se identifica una desarticulación entre las competencias requeridas por la industria y las capacidades disponibles en los trabajadores, especialmente en aquellos segmentos con menor acceso a formación tecnológica, de acuerdo con estudios publicados por la CEPAL, la OCDE y el BID (Arias Ortiz et al., 2022; Gontero & Novella, 2021; OECD, 2020). Esta situación se relaciona no solo con la eficiencia operativa, sino también con la implementación de estrategias sostenibles orientadas al uso racional de los recursos y a la mitigación del impacto ambiental. Asimismo, la transformación digital no se limita a la incorporación de tecnologías, sino que implica una reconfiguración integral de los procesos productivos, organizacionales y laborales, en la que el capital humano desempeña un papel central. La insuficiente preparación en habilidades digitales representa, por tanto, un obstáculo estructural que dificulta la transición hacia modelos industriales más innovadores, inclusivos y sostenibles.

En consecuencia, surge la necesidad de analizar cómo el desarrollo de habilidades digitales se relaciona con la transformación del sector manufacturero en México y con su capacidad para avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible. Para ello, el análisis se plantea desde un enfoque cualitativo y documental, mediante la revisión e interpretación de literatura científica, informes institucionales y documentos especializados que permitan identificar relaciones, patrones y principales implicaciones en términos de competitividad, equidad y crecimiento económico.

1.2. Justificación

La presente investigación se justifica por la relevancia estratégica del sector manufacturero en la economía mexicana, dado su impacto en la generación de empleo, el crecimiento económico y la integración en mercados globales. De acuerdo con la literatura institucional revisada (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2013; Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2021), en un contexto marcado por la transformación digital y la creciente presión por adoptar modelos sostenibles, resulta fundamental comprender el papel que desempeñan las habilidades digitales en la evolución del sector.

Desde esta perspectiva, el estudio resulta pertinente al abordar la relación entre el desarrollo de competencias digitales y la capacidad del sector manufacturero para adaptarse a los cambios tecnológicos, mejorar su competitividad e incorporar prácticas sostenibles. La evidencia sugiere que la digitalización no solo implica la adopción de nuevas tecnologías, sino también la formación de capital humano capaz de gestionar, implementar y optimizar dichos recursos en entornos productivos complejos, de acuerdo con Morduchowicz (2021), en una publicación de la UNESCO.

Diversos estudios publicados en revistas académicas han abordado la relación entre transformación digital, competencias laborales y sostenibilidad industrial. Vial (2019) plantea que la transformación digital implica cambios estratégicos y organizacionales derivados del uso de tecnologías digitales, mientras que Kipper et al. (2021) identifican las competencias requeridas para la Industria 4.0 como un campo prioritario para la formación profesional. Por su parte, Carro Suárez y Sarmiento Paredes (2022) destacan que el factor humano mantiene un papel central en la transición hacia modelos industriales más avanzados, debido a que las tecnologías digitales requieren habilidades específicas, supervisión y capacidad de adaptación. Asimismo, Arenas Muñoz y Cortez Yacila (2024) evidencian que la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 demanda capacidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica, especialmente en pequeñas y medianas empresas. Por su parte, Sánchez Martínez et al. (2025) vinculan la digitalización, la innovación y la economía circular con el desarrollo sostenible, lo que refuerza la necesidad de analizar las habilidades digitales como un aspecto importante para la transformación del sector manufacturero.

A partir de lo anterior, esta investigación contribuye a visibilizar las brechas existentes en el acceso y desarrollo de habilidades digitales, las cuales representan un obstáculo para lograr un crecimiento económico más equitativo e inclusivo. En este sentido, el análisis permite identificar áreas de oportunidad para fortalecer la formación del capital humano y promover una mayor articulación entre el sector productivo, el sistema educativo y las políticas públicas.

De manera complementaria, el estudio aporta elementos teóricos y analíticos que pueden servir como base para el diseño de estrategias orientadas al fortalecimiento de habilidades digitales en el sector manufacturero, favoreciendo así la transición hacia modelos productivos más responsables, resilientes y competitivos en el contexto de la economía digital.

1.3. Objetivo de investigación

Analizar, desde un enfoque cualitativo documental, la relación entre las habilidades digitales y la transformación sostenible del sector manufacturero en México, considerando el papel del capital humano y la Industria 4.0, así como sus principales retos e implicaciones.

1.4. Pregunta de investigación

¿Qué relación existe entre las habilidades digitales y la transformación sostenible del sector manufacturero en México, considerando el papel del capital humano y la Industria 4.0?

2. Revisión de literatura

El sector manufacturero constituye un eje estratégico para el crecimiento económico, la generación de empleo, la innovación y el desarrollo tecnológico a nivel global (Sánchez Juárez & Moreno Brid, 2016). Sin embargo, su importancia no debe entenderse únicamente desde la producción de bienes, sino también desde su capacidad para dinamizar las economías y fortalecer la competitividad de los países. En este sentido, mientras Sánchez Juárez y Moreno Brid (2016) destacan su papel en el crecimiento económico y la política industrial, Statista Research Department (2023) amplía esta perspectiva al señalar que la industria manufacturera comprende una amplia diversidad de actividades, desde el procesamiento de alimentos hasta la fabricación de productos de alta tecnología, lo que permite dimensionar su peso dentro de la estructura productiva.

Diversos estudios recientes han ampliado esta discusión al analizar la transformación digital desde enfoques organizacionales, tecnológicos y productivos. Vial (2019) plantea que la transformación digital implica cambios estratégicos en la forma en que las organizaciones generan valor, mientras que Casalet (2020) advierte que en México este proceso avanza de manera desigual, especialmente entre empresas con diferentes capacidades tecnológicas. En una línea más aplicada, Buenrostro Mercado (2022), Garduño Palomino (2021), Gallego Trijueque y Oliva Marañón (2022), así como Lachman y Stubrin (2024), muestran que la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 depende de las condiciones internas de las empresas, el sector productivo, la capacidad de inversión y el grado de preparación tecnológica.

En el escenario actual, la transformación digital se posiciona como un elemento estructural en la evolución del sector manufacturero. Para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2013), la incorporación de tecnologías digitales permite optimizar los procesos productivos y favorecer la transición hacia modelos más sostenibles. De manera complementaria, Dini et al. (2021), en un informe de la CEPAL, plantean que la digitalización también se ha convertido en una condición necesaria para competir en entornos globalizados.

Desde esta perspectiva, las habilidades digitales se presentan como un factor importante en la adaptación del sector manufacturero a los cambios tecnológicos. En una publicación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Arias Ortiz et al. (2022) sostienen que tecnologías como la automatización, la inteligencia artificial (IA) y el internet de las cosas (IoT) están modificando de manera significativa la lógica de los procesos productivos, lo que exige una fuerza laboral con competencias capaces de operar, gestionar e innovar en entornos digitalizados. A diferencia de los enfoques centrados únicamente en la adopción tecnológica, esta postura coloca al capital humano como un elemento clave, ya que la productividad y la competitividad organizacional dependen no solo de contar con tecnología, sino de desarrollar habilidades para utilizarla de manera efectiva.

En relación con las competencias requeridas para la transformación industrial, Kipper et al. (2021) identifican las habilidades necesarias para la Industria 4.0 como un campo prioritario de formación profesional. De manera complementaria, González-Hernández y Granillo-Macías (2020), Avitia-Carlos et al. (2022), Alvarez-Aros et al. (2024) y Román-Salinas et al. (2024) coinciden en que los entornos industriales digitalizados requieren capacidades técnicas y tecnológicas más especializadas,

relacionadas con el manejo de sistemas inteligentes, mantenimiento digital, internet de las cosas, análisis de datos y procesos automatizados. En contraste, Carro Suárez y Sarmiento Paredes (2022), Madero Gómez y Vásquez Rivera (2025), y González Farías et al. (2025) amplían esta visión al señalar que la transición tecnológica no depende solo del dominio técnico, sino también de la adaptación humana, la empleabilidad, la supervisión del trabajo y los cambios en la cultura organizacional.

Por otra parte, el desarrollo sostenible se ha consolidado como un requisito indispensable para la evolución del sector manufacturero en el siglo XXI. De las Heras García de Vinuesa et al. (2018) plantean que la sostenibilidad implica adoptar prácticas que reduzcan los impactos ambientales y promuevan el uso eficiente de los recursos a lo largo del ciclo de vida del producto. En contraste, Deloitte (2021) enfatiza que la manufactura sostenible no solo genera beneficios ambientales, sino también ventajas económicas, al mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados al consumo de recursos. Así, mientras De las Heras García de Vinuesa et al. (2018) destacan la dimensión ambiental del proceso productivo, Deloitte (2021) refuerza la relación entre sostenibilidad, eficiencia y desempeño económico.

Desde el enfoque de sostenibilidad, Zottele Allende y Nájera Jiménez (2022) destacan que la economía circular contribuye al cumplimiento de la Agenda 2030 mediante el uso más responsable de los recursos. Esta perspectiva coincide con Sánchez Martínez et al. (2025), quienes vinculan las capacidades dinámicas, la innovación y la economía circular como elementos relevantes para el desarrollo sostenible de las organizaciones. Por su parte, Arenas Muñoz y Cortez Yacila (2024), Camacho et al. (2023), Cervera-Quijano et al. (2025), Ceseña-Romero et al. (2024), Arriola Ruiz et al. (2025) y Barcia Lehmann y Martínez-Cárdenas (2023) permiten observar que la transformación digital también enfrenta barreras relacionadas con la estrategia, la inversión, la adaptabilidad, la implementación tecnológica y las condiciones particulares de las pymes y de los sectores productivos.

No obstante, la transformación digital también genera desafíos importantes, particularmente en relación con la reconfiguración del empleo y las competencias requeridas en el sector manufacturero. La Organización Mundial del Comercio (2020) advierte que la automatización y la robotización están modificando la estructura del trabajo, lo que implica la necesidad de desarrollar nuevas habilidades, especialmente en trabajadores con menor nivel de cualificación. Por su parte, OECD (2020) coincide en la importancia de atender este cambio, aunque centra su atención en el fortalecimiento de los sistemas de educación y formación para facilitar la transición hacia roles más complejos en un entorno digitalizado.

En este contexto, el sector manufacturero enfrenta una creciente presión derivada de la competencia global y de la necesidad de innovar de manera constante. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2021) destaca que la capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos y a las nuevas dinámicas de consumo es fundamental para mantener la competitividad. En una línea cercana, la Organización Mundial del Comercio (2020) señala que la globalización y los avances tecnológicos continúan redefiniendo el comercio internacional de manufacturas, lo que exige una actualización permanente de las habilidades digitales y la adopción de prácticas sostenibles.

Desde una perspectiva macroeconómica, el sector manufacturero mantiene una

participación significativa en la economía global. De acuerdo con Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2021), este sector aportó aproximadamente el 15 % del PIB mundial en 2019, aunque con variaciones importantes entre países. En el caso de México, el World Bank (s.f.) señala que la contribución del sector manufacturero alcanzó cerca del 18 % del PIB, lo que refleja su relevancia dentro de la estructura económica nacional.

En el contexto mexicano, el sector manufacturero ha experimentado un crecimiento importante, impulsado principalmente por la inversión extranjera en industrias como la automotriz y la electrónica, de acuerdo con Dini et al. (2021), en un estudio publicado por la CEPAL. Sin embargo, este crecimiento no elimina los desafíos asociados al desarrollo de habilidades digitales y a la adopción de prácticas sostenibles. Por el contrario, la expansión del sector exige una mayor preparación del capital humano para enfrentar los cambios derivados de la transformación digital. Así, mientras la inversión extranjera fortalece la capacidad productiva, también incrementa la demanda de trabajadores con competencias tecnológicas, organizacionales y sostenibles.

Bajo estas condiciones, no es suficiente contar con una base productiva sólida para competir en el mercado global. Es necesario disponer de una fuerza laboral capacitada que pueda aprovechar las oportunidades que brinda la digitalización. Pagés (2023) señala que tendencias como la economía circular están transformando la manufactura mediante el rediseño, la reutilización y la optimización de recursos. En contraste, Morduchowicz (2021), en una publicación de la UNESCO, amplía esta visión al destacar que dichas prácticas requieren no solo habilidades técnicas, sino también competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, fundamentales en entornos digitales y globalizados. De esta forma, la sostenibilidad manufacturera requiere tanto capacidades tecnológicas como habilidades sociales y organizacionales.

Asimismo, el desarrollo de habilidades digitales no se limita a perfiles altamente especializados, sino que involucra a trabajadores de distintos niveles de cualificación. Business Insider México (2022) señala que factores como la selección de materias primas, la reducción de insumos y la logística eficiente son elementos clave para alcanzar una manufactura sostenible. No obstante, estas acciones requieren competencias que van más allá de la operación técnica tradicional, como el pensamiento crítico, el análisis de datos, la programación, el diseño digital y la ciberseguridad. Por ello, el vínculo entre sostenibilidad y habilidades digitales debe entenderse como un proceso transversal que involucra tanto la gestión de recursos como la formación del personal.

Finalmente, el fortalecimiento de las competencias digitales y la sostenibilidad requiere una articulación entre diversos actores. García Muiña et al. (2008) destacan que la innovación para la sostenibilidad es un proceso multidimensional que implica la integración de aspectos técnicos, sociales, éticos y culturales. Esta postura complementa los planteamientos anteriores, ya que permite comprender que la transformación sostenible no depende únicamente de la tecnología o de la capacitación individual, sino también de la colaboración entre gobierno, industria y academia. En consecuencia, la transición hacia formas de producción más sostenibles exige estrategias integrales que favorezcan el desarrollo de habilidades digitales y la coordinación entre los distintos actores involucrados.

La relación entre el desarrollo de habilidades digitales y la sostenibilidad en el sector

manufacturero puede sintetizarse a partir de dimensiones que integran competencias técnicas, cognitivas y organizacionales. En la [Tabla 1](#) se presentan los principales elementos identificados en la literatura, así como su impacto en los procesos productivos y en la sostenibilidad industrial.

Tabla 1. Relación entre habilidades digitales y desarrollo sostenible en el sector manufacturero

Dimensión	Habilidades digitales clave	Aplicación en manufactura	Impacto en sostenibilidad	Fuente
Tecnológica	Programación, análisis de datos, automatización	Optimización de procesos productivos	Reducción de costos y uso eficiente de recursos	(Arias Ortiz et al., 2022; González-Hernández & Granillo-Macias, 2020; Román-Salinas et al., 2024)
Cognitiva	Pensamiento crítico, resolución de problemas	Toma de decisiones estratégicas	Mejora de la eficiencia operativa	(Alvarez-Aros et al., 2024; Law et al., 2018)
Socioemocional	Trabajo en equipo, liderazgo, adaptabilidad	Gestión de equipos en entornos digitales	Implementación de prácticas sostenibles	(Carro Suárez & Sarmiento Paredes, 2022; Madero Gómez & Vásquez Rivera, 2025; Morduchowicz, 2021)
Innovación	Creatividad, aprendizaje continuo	Desarrollo de nuevos productos y procesos	Transición hacia economía circular	(Arenas Muñoz & Cortez Yacila, 2024; García Muiña et al., 2008; Sánchez Martínez et al., 2025)
Gestión sostenible	Evaluación ambiental, uso de recursos	Implementación de prácticas ecoeficientes	Reducción del impacto ambiental	(Deloitte, 2021; Zottele Allende & Nájera Jiménez, 2022)

Nota. Elaboración propia con base en la literatura científica e informes institucionales revisados.

En este marco, la [Figura 1](#) presenta las habilidades básicas más demandadas en el contexto laboral, destacando el pensamiento analítico, la creatividad y la inteligencia emocional como competencias clave en la era digital (World Economic Forum, 2023).

Estas habilidades, identificadas a partir de estudios internacionales que abarcan múltiples países y sectores, reflejan la necesidad de adaptarse a un entorno laboral dinámico y altamente tecnologizado, de acuerdo con Law et al. (2018), en un informe publicado por el Instituto de Estadística de la UNESCO. Asimismo, se sustentan en los resultados de la *Future of Jobs Survey* 2023, que reunió la perspectiva de 803 empresas, las cuales empleaban en conjunto a más de 11.3 millones de trabajadores, pertenecientes a 27 grupos industriales y 45 economías de todas las regiones del mundo (World Economic Forum, 2023). En conjunto, estos hallazgos evidencian la creciente necesidad de adaptación ante los cambios tecnológicos, económicos, sociales y ambientales que están transformando las competencias requeridas en el entorno laboral contemporáneo.

De manera específica, las habilidades más demandadas son aquellas vinculadas con el uso de capacidades cognitivas avanzadas, como el pensamiento analítico, el aprendizaje activo, la resolución de problemas complejos, el pensamiento crítico y la creatividad. A diferencia de las competencias tradicionales centradas en tareas operativas, estas habilidades responden a un entorno laboral más dinámico, digitalizado y complejo. También adquieren relevancia las competencias relacionadas con el desarrollo y gestión de tecnologías, así como las habilidades socioemocionales, entre las que destacan el liderazgo y la inteligencia emocional (Law et al., 2018).

En conjunto, la literatura revisada evidencia que el desarrollo de habilidades

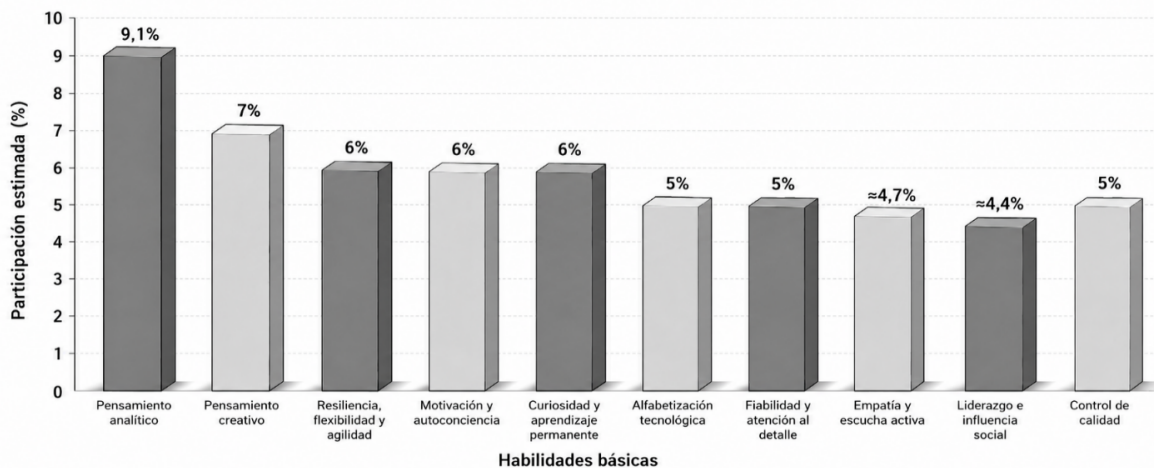


Figura 1. Habilidades básicas más demandadas en el contexto laboral actual

Nota. Elaboración propia a partir de los datos de la Figura 4.2 de *The Future of Jobs Report 2023* (World Economic Forum, 2023, p. 38), utilizando la metodología de *normalized skill share* descrita en la p. 66.

digitales y la adopción de prácticas sostenibles constituyen elementos clave para fortalecer la competitividad y la empleabilidad en el sector manufacturero. Sin embargo, los autores revisados permiten observar distintos énfasis: algunos destacan la eficiencia tecnológica y productiva, otros subrayan la sostenibilidad ambiental, mientras que otros ponen el acento en la formación del capital humano y la articulación institucional. Por ello, la consolidación de una manufactura digital y sostenible requiere procesos continuos de formación y una articulación efectiva entre el sector productivo, las instituciones educativas y los organismos gubernamentales.

3. Metodología

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, de alcance descriptivo-analítico y de carácter documental, orientado a comprender la relación entre el desarrollo de habilidades digitales y la transformación sostenible del sector manufacturero en México. El diseño metodológico se fundamenta en la revisión, análisis e interpretación de información proveniente de fuentes confiables, tales como literatura científica, informes institucionales y documentos especializados. El análisis se realizó mediante la identificación de categorías temáticas relacionadas con habilidades digitales, transformación digital, Industria 4.0, capital humano, competitividad y sostenibilidad, a fin de comparar los aportes de las fuentes revisadas y reconocer coincidencias, diferencias y relaciones entre los principales conceptos.

El procedimiento metodológico se organizó en cinco etapas:

1. Búsqueda y selección de fuentes confiables:

Se realizó una búsqueda documental en bases de datos y repositorios académicos como SciELO, Redalyc, Dialnet, Latindex y Google Scholar, además de sitios institucionales de organismos como CEPAL, OCDE, ONUDI, BID, UNESCO, World Economic Forum (WEF) y World Bank. La búsqueda se delimitó principalmente al periodo 2020--2026 y se utilizaron palabras clave en español e inglés relacionadas con habilidades digitales, transformación digital, Industria 4.0, sector manufacturero, capital humano, sostenibilidad y manufactura sostenible. También se incluyeron algunas fuentes anteriores a 2020 cuando aportaban bases conceptuales relevantes para el estudio.

Posteriormente, se realizó una depuración progresiva de las fuentes localizadas, tomando en cuenta su pertinencia temática, respaldo académico o institucional, correspondencia con el objetivo de investigación y aporte al estudio. En esta etapa se descartaron documentos duplicados, textos con baja relación con el tema, fuentes sin respaldo suficiente y materiales que no aportaban evidencia conceptual, metodológica o empírica relevante. Es importante aclarar que este proceso no tuvo como finalidad desarrollar una revisión sistemática ni un metaanálisis, sino conformar una base documental suficiente y pertinente para el análisis cualitativo. Con ello, fue posible organizar las fuentes de acuerdo con los temas principales del estudio y analizar con mayor detalle la relación entre habilidades digitales, capital humano, Industria 4.0 y transformación sostenible. En la [Tabla 2](#) se sintetiza el número de documentos identificados, descartados e incluidos en el estudio.

Tabla 2. Proceso de identificación y selección de documentos

Etapa	Criterio aplicado	Documentos
Identificación inicial	Documentos localizados en bases de datos, repositorios académicos y sitios institucionales	68
Depuración preliminar	Documentos descartados por duplicidad, baja pertinencia temática o falta de respaldo académico, técnico o institucional	28
Selección final	Documentos incluidos para revisión, análisis de contenido e interpretación documental	40

Nota. Elaboración propia a partir del proceso de búsqueda y selección documental.

La selección final permitió trabajar con 40 fuentes, adecuadas para desarrollar un análisis temático del tema estudiado desde el enfoque cualitativo propuesto.

2. Estrategia de búsqueda documental:

Para hacer más precisa la localización de información, se utilizaron operadores booleanos, es decir, conectores que ayudan a combinar términos en las bases de datos. El operador AND, equivalente a «y» en español, se empleó para unir conceptos que debían aparecer relacionados en una misma búsqueda; mientras que OR, equivalente a «o» en español, se utilizó para considerar términos alternativos o equivalentes.

Las combinaciones principales fueron: «habilidades digitales» AND «sector manufacturero», «transformación digital» AND «manufactura», «Industria 4.0» AND

«competencias digitales», «manufactura sostenible» AND «capital humano», así como «digital skills» AND «manufacturing sector». De manera complementaria, se utilizaron combinaciones con OR, como «habilidades digitales» OR «competencias digitales» y «sostenibilidad» OR «manufactura sostenible», con el fin de ampliar la recuperación de documentos relacionados. La búsqueda se aplicó en título, resumen y palabras clave cuando la base de datos lo permitió.

3. Criterios de inclusión y exclusión:

Se incluyeron artículos científicos, informes institucionales y documentos especializados directamente relacionados con las habilidades digitales, la transformación digital, el capital humano, la competitividad, la sostenibilidad y el sector manufacturero. Se priorizaron fuentes con respaldo académico o institucional, pertinencia temática y disponibilidad de información suficiente. Se excluyeron documentos sin autoría identificable, publicaciones de opinión, notas periodísticas sin sustento técnico, fuentes duplicadas y textos que no aportaran evidencia conceptual, metodológica o empírica al objeto de estudio.

4. Análisis y organización de la información:

Los documentos seleccionados fueron revisados mediante análisis de contenido, considerando conceptos, argumentos y hallazgos vinculados con el tema de investigación. La información se organizó en una matriz documental con campos como autor, año, tipo de fuente, objetivo, categoría temática, principales aportes y relación con el estudio. Esta organización permitió comparar las fuentes revisadas e identificar coincidencias, diferencias y tendencias relevantes.

5. Síntesis e interpretación de resultados:

Finalmente, los hallazgos se agruparon en categorías temáticas relacionadas con habilidades digitales, transformación digital, Industria 4.0, capital humano, competitividad, innovación y sostenibilidad industrial. A partir de esta clasificación se identificaron patrones y relaciones entre los aportes revisados, lo que permitió construir una interpretación crítica sobre el papel de las habilidades digitales en la transformación sostenible del sector manufacturero en México.

En conjunto, este procedimiento metodológico permite ofrecer una comprensión general del tema analizado, sustentada en fuentes confiables y en una estrategia documental clara, ordenada y reproducible.

4. Resultados

Los resultados corresponden al análisis documental de las fuentes seleccionadas; por ello, no se presentan como evidencia empírica directa del sector manufacturero, sino como hallazgos derivados de la revisión, comparación e interpretación de literatura científica, informes institucionales y documentos especializados. A partir de este proceso, se identificaron cinco categorías principales de análisis: habilidades digitales,

transformación digital, Industria 4.0, sostenibilidad industrial y formación del capital humano.

A partir de la revisión documental, las habilidades digitales se reconocen como un elemento articulador entre la adopción tecnológica y la capacidad de adaptación de las organizaciones. Las fuentes revisadas coinciden en que la transformación digital no depende únicamente de incorporar tecnologías, sino de contar con trabajadores capaces de operar, interpretar y aprovechar herramientas digitales dentro de los procesos productivos. En este sentido, la relación entre transformación digital y sostenibilidad industrial se expresa en la optimización de procesos, el uso eficiente de recursos y la mejora de la productividad.

Una de las principales limitaciones observadas en la literatura es la brecha en el desarrollo de habilidades digitales. Esta brecha se manifiesta en la diferencia entre las competencias que demanda la industria y las capacidades disponibles en ciertos grupos de trabajadores, especialmente aquellos con menor acceso a formación tecnológica. En este mismo sentido, se identificó que las habilidades requeridas no se limitan a competencias técnicas como programación, análisis de datos, automatización o manejo de tecnologías digitales, sino que también incluyen habilidades cognitivas y socioemocionales, como pensamiento crítico, resolución de problemas, adaptabilidad, trabajo colaborativo y liderazgo.

También se observa la necesidad de fortalecer la articulación entre industria, gobierno e instituciones educativas. Las fuentes revisadas muestran que la formación de habilidades digitales no puede depender únicamente de las empresas o de los trabajadores, sino que requiere estrategias coordinadas de capacitación, actualización curricular, políticas públicas e inversión en innovación tecnológica. A partir de ello, el desarrollo de habilidades digitales puede entenderse como un factor estratégico para avanzar hacia una manufactura más competitiva y sostenible en México, aunque este proceso sigue condicionado por las brechas de formación, la disponibilidad de recursos tecnológicos, la capacidad de adaptación organizacional y la colaboración entre los distintos actores involucrados.

5. Discusión

Los resultados del análisis documental permiten sostener que la transformación digital del sector manufacturero no puede analizarse únicamente desde la incorporación tecnológica, sino también desde las capacidades humanas y organizacionales que permiten su aprovechamiento. Esta interpretación guarda relación con la literatura especializada sobre transformación digital y sostenibilidad industrial. En particular, los resultados coinciden con lo señalado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2013), al destacar que la digitalización representa un elemento clave para mejorar la eficiencia productiva y avanzar hacia modelos de desarrollo más sostenibles. No obstante, el análisis también permite advertir que la digitalización, por sí sola, no garantiza una transformación sostenible, ya que requiere capacidades humanas, organizacionales y técnicas que permitan aprovechar adecuadamente las tecnologías disponibles.

A partir de los documentos revisados, se sostiene que la transformación digital no

debe entenderse únicamente como la incorporación de tecnología, sino como un proceso que modifica la manera en que las organizaciones gestionan y ejecutan sus procesos productivos. Esta interpretación coincide con Arias Ortiz et al. (2022), en una publicación del BID, quienes subrayan la importancia del desarrollo de habilidades digitales para fortalecer la capacidad de adaptación de los trabajadores frente a entornos tecnológicos cambiantes. En este sentido, el capital humano aparece como un factor transversal para vincular digitalización, productividad y sostenibilidad.

Desde esta perspectiva, la relación entre digitalización y sostenibilidad se observa como un vínculo complementario. La literatura revisada señala que las tecnologías digitales pueden favorecer la optimización de recursos, la eficiencia energética y la mejora de procesos productivos, lo cual coincide con Deloitte (2021) y De las Heras García de Vinuesa et al. (2018), quienes destacan que la manufactura sostenible genera beneficios ambientales y económicos. Sin embargo, el análisis documental también ayuda a comprender que dichos beneficios dependen de la capacidad de las organizaciones para integrar tecnología, formación laboral y estrategias sostenibles de manera articulada.

Por otro lado, las brechas en el desarrollo de habilidades digitales identificadas en la literatura reflejan una problemática estructural que limita la transformación del sector manufacturero. OECD (2020) advierte que la automatización y la digitalización están redefiniendo el mercado laboral, generando una creciente demanda de competencias más complejas y adaptativas. En este escenario, la limitada preparación en habilidades digitales puede reducir la capacidad de los trabajadores para integrarse de manera efectiva en entornos productivos digitalizados.

Asimismo, el análisis documental permite destacar la importancia de la formación continua y de la vinculación entre el sector educativo y el productivo. En concordancia con la Organización Mundial del Comercio (2020), la evolución del comercio internacional y los avances tecnológicos exigen una actualización permanente de las competencias laborales. Por ello, las instituciones educativas y las empresas deben fortalecer sus mecanismos de colaboración para responder a las nuevas demandas de la manufactura digital y sostenible.

Finalmente, los hallazgos del análisis muestran la necesidad de implementar estrategias integrales que involucren a distintos actores. García Muiña et al. (2008) señalan que la innovación para la sostenibilidad requiere una visión multidimensional que integre aspectos técnicos, sociales y organizacionales. En consecuencia, la colaboración entre gobierno, industria y academia funciona como un elemento fundamental para impulsar el desarrollo de habilidades digitales y favorecer la transición hacia modelos productivos más sostenibles.

Con base en lo anterior, las habilidades digitales pueden entenderse no solo como un requisito para la adaptación tecnológica, sino también como un elemento importante para la transformación sostenible del sector manufacturero en México. Desde el análisis documental, su importancia radica en que permiten articular la innovación tecnológica, el fortalecimiento del capital humano, la competitividad y la sostenibilidad industrial.

6. Conclusiones

A partir del análisis documental, se concluye que el desarrollo de habilidades digitales puede entenderse como un componente estratégico para la transformación sostenible del sector manufacturero en México. La literatura revisada permite identificar que estas habilidades favorecen la adaptación tecnológica, la mejora de procesos productivos y la incorporación de prácticas orientadas al uso eficiente de los recursos. En este sentido, la transformación digital no debe reducirse a la adopción de herramientas tecnológicas, ya que implica cambios en los procesos productivos, en la organización del trabajo y en la formación del capital humano.

La capacidad de los trabajadores para interpretar información, resolver problemas, adaptarse a entornos digitales y participar en procesos de innovación se convierte en un aspecto central para el desempeño del sector manufacturero. En esa misma línea, el estudio permite reconocer que existe una relación estrecha entre habilidades digitales y desarrollo industrial responsable, debido a que la digitalización puede contribuir a la optimización de recursos, la eficiencia productiva y la reducción del impacto ambiental, siempre que esté acompañada de estrategias de formación, gestión organizacional y actualización tecnológica.

No obstante, también se concluye que persisten brechas relevantes en el acceso y desarrollo de competencias digitales. Estas brechas limitan la capacidad de ciertos grupos de trabajadores y empresas para integrarse plenamente a los procesos de transformación digital, por lo que resulta necesario fortalecer la capacitación continua, la inclusión digital y la vinculación entre el sector productivo, las instituciones educativas y las políticas públicas.

Finalmente, la transformación sostenible del sector manufacturero requiere una estrategia integral. El desarrollo de habilidades digitales, la formación del capital humano, la innovación tecnológica vinculada con la Industria 4.0 y la colaboración entre gobierno, industria y academia constituyen elementos fundamentales para avanzar hacia una manufactura más competitiva, inclusiva y resiliente.

7. Limitaciones

La principal limitación de esta investigación radica en su carácter cualitativo y documental. Al basarse en la revisión e interpretación de literatura científica, informes institucionales y documentos especializados, los hallazgos dependen de la disponibilidad, actualidad y alcance de las fuentes consultadas. En consecuencia, el estudio no incorpora datos empíricos obtenidos directamente de empresas manufactureras, trabajadores, directivos o instituciones educativas, por lo que los resultados no deben interpretarse como evidencia estadística generalizable, sino como una síntesis analítica de los principales aportes identificados en la literatura revisada.

Otra limitación se relaciona con el alcance sectorial del análisis. El estudio aborda el sector manufacturero mexicano desde una perspectiva general, sin profundizar en diferencias por rama industrial, región, tamaño de empresa o nivel de adopción tecnológica. Además, aunque se consideraron fuentes académicas e institucionales recientes, el campo de la transformación digital evoluciona de manera constante, por lo

que los hallazgos pueden requerir actualización conforme surjan nuevas tecnologías, políticas públicas, modelos de formación y prácticas sostenibles aplicadas al sector manufacturero.

Asimismo, algunas fuentes institucionales y especializadas fueron utilizadas por su valor contextual y técnico; sin embargo, se reconoce que no todas corresponden a literatura científica arbitrada. Por ello, su uso se orientó principalmente a complementar el análisis y no a sustituir el sustento académico del estudio.

8. Implicaciones

Los hallazgos de esta investigación generan implicaciones para los sectores empresarial y educativo. En el ámbito empresarial, se evidencia la necesidad de fortalecer las habilidades digitales del capital humano como parte de las estrategias de competitividad, innovación y sostenibilidad. Además, en el ámbito educativo se destaca la importancia de actualizar los programas de formación técnica y profesional, incorporando competencias digitales, pensamiento crítico, resolución de problemas, análisis de datos y conocimientos vinculados con sostenibilidad industrial.

En cuanto a las políticas públicas, el estudio subraya la necesidad de diseñar estrategias que reduzcan las brechas digitales y promuevan el acceso equitativo a capacitación, tecnología e innovación. La articulación entre gobierno, industria y academia puede contribuir a generar condiciones más favorables para una transformación manufacturera sostenible e inclusiva, especialmente para trabajadores y empresas con menor acceso a formación tecnológica.

De manera general, las implicaciones del estudio apuntan a comprender la transformación digital como un proceso integral. Su éxito no depende únicamente de la tecnología disponible, sino también de las capacidades humanas, organizacionales e institucionales que permiten aprovecharla para mejorar la productividad y avanzar hacia modelos industriales más sostenibles.

9. Recomendaciones

A partir del análisis documental realizado, se recomienda fortalecer los programas de capacitación continua en habilidades digitales para trabajadores del sector manufacturero. Estos programas deben incluir competencias técnicas como análisis de datos, automatización, programación básica, uso de herramientas digitales y comprensión de tecnologías asociadas a la Industria 4.0. Asimismo, es necesario incorporar habilidades cognitivas y socioemocionales, tales como pensamiento crítico, resolución de problemas, adaptabilidad, trabajo colaborativo y liderazgo, ya que estas competencias permiten responder mejor a entornos productivos más dinámicos, tecnológicos y sostenibles.

También se sugiere impulsar una mayor vinculación entre empresas manufactureras, instituciones educativas y organismos gubernamentales. Esta colaboración puede facilitar la actualización de planes de estudio, el diseño de programas de capacitación pertinentes y la creación de proyectos orientados a la innovación y a la sostenibilidad industrial.

De igual manera, se recomienda diseñar políticas e iniciativas que reduzcan las brechas digitales en trabajadores y empresas con menor acceso a formación tecnológica. Estas acciones deben considerar el acceso a herramientas digitales, la capacitación inclusiva y el acompañamiento técnico para favorecer una transformación más equitativa.

Finalmente, se recomienda fortalecer futuras investigaciones mediante estudios empíricos que incluyan entrevistas, encuestas o estudios de caso en empresas manufactureras mexicanas. Esto permitiría contrastar los hallazgos documentales con evidencia directa del sector y profundizar en diferencias regionales, sectoriales y organizacionales.

10. Aportaciones

El presente estudio aporta una síntesis analítica sobre la relación entre habilidades digitales, transformación digital y sostenibilidad en el sector manufacturero mexicano. Su principal contribución consiste en posicionar el desarrollo de habilidades digitales como un punto de relación entre el capital humano, la competitividad y la transición hacia modelos productivos más sostenibles. Además, organiza los principales aportes de la literatura en torno a dimensiones tecnológicas, cognitivas, socioemocionales, de innovación y gestión sostenible, lo que permite comprender que la transformación manufacturera no depende únicamente de la adopción tecnológica, sino también de capacidades humanas y organizacionales.

Otra aportación del estudio es la identificación de brechas y desafíos asociados al desarrollo de habilidades digitales en el sector manufacturero. Al visibilizar estas limitaciones, el trabajo ofrece elementos útiles para orientar estrategias de capacitación, actualización curricular, vinculación institucional y diseño de políticas públicas. En este sentido, también aporta una base conceptual para futuras investigaciones sobre manufactura digital y sostenible en México, particularmente aquellas que analicen casos específicos, sectores industriales, regiones productivas o niveles de adopción tecnológica.

Referencias

- Alvarez-Aros, E. L., Castillo-Martínez, J. A., & Moreno Castellanos, M. A. (2024). Industria 4.0 e innovación educativa: antecedentes y tendencias futuras de las competencias tecnológicas. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29). <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2062>
- Arenas Muñoz, A., & Cortez Yacila, H. M. (2024). Innovación tecnológica en las PYMES de la región centro de Tlaxcala. Posibilidades para el desarrollo de la industrialización 4.0. *Región y Sociedad*, 36, e1947. <https://doi.org/10.22198/rys2024/36/1947>
- Arias Ortiz, E., Cruz Aguayo, Y., & Prada, M. F. (2022, febrero). *Desarrollo de habilidades en la era digital: tres grandes tendencias y dos brechas por revertir*. <https://www.iadb.org/es/blog/mercados-laborales/desarrollo-de-habilidades-en-la-era-digital-tres-grandes-tendencias-y-dos-brechas-por-revertir>

- Arriola Ruiz, E., Gomis Hernández, R., & Carrillo, J. (2025). ¿Están listas las maquiladoras para implementar la Industria 4.0? *Frontera Norte*, 37, e2383. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2383>
- Avitia-Carlos, P., Pimentel-Mendoza, A. B., Rodríguez-Verduzco, J. L., & Rodríguez-Tapia, B. (2022). The training of maintenance personnel for Industry 4.0. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 5(4), e192. <https://doi.org/10.37636/recit.v5n4e192>
- Barcia Lehmann, R., & Martínez-Cárdenas, B. (2023). Análisis de las políticas de transformación digital de las microempresas en la región latinoamericana: los casos de Colombia y Chile. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 56(166), 113-135. <https://doi.org/10.22201/ij.24484873e.2023.166.18908>
- Buenrostro Mercado, H. E. (2022). Propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0 en las pymes mexicanas. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24), e2481347. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81347>
- Business Insider México. (2022, enero). 5 aspectos que permiten a las industrias alcanzar la manufactura sustentable. https://businessinsider.mx/5-aspectos-permiten-industrias-alcanzar-manufactura-sustentable_negocios/
- Camacho, T., Ramírez, F., & Bautista Solís, J. (2023). Plataformas digitales en las PYMES como herramienta de sostenibilidad en tiempos de pandemia. *Revista Enfoques*, 7(26), 182-191. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v7i26.164>
- Carro Suárez, J., & Sarmiento Paredes, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24), e81727. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81727>
- Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿podremos despegar? *Economía: Teoría y Práctica*, (spe5), 45-68. <https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/E052020/Casalet>
- Cervera-Quijano, M. d. C., Canto-Esquivel, J. C., & Ojeda-López, R. N. (2025). Implementación de tecnologías digitales en mipymes dirigidas por mujeres en Mérida, Yucatán: avances hacia la transformación digital empresarial. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*, 21(1), 133-146. <https://doi.org/10.46443/catyp.v21i1.471>
- Ceseña-Romero, P. I., García-Rivera, B. R., & Olguín-Tiznado, J. E. (2024). Industria 4.0: adaptabilidad y barreras de la industria automotriz: análisis biblio-hermográfico. *Investigación Administrativa*, 53(134), 00005. <https://doi.org/10.35426/IAv53n134.05>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35408/1/S2013186_es.pdf
- De las Heras García de Vinuesa, A., Córdoba Roldán, A., Ávila Gutiérrez, M. J., & Aguayo González, F. (2018). Sostenibilidad 4.0: análisis del ciclo de vida integrado del producto inteligente conectado. En A. M. Beltrán Custodio & M. Félix Ángel (Eds.), *IV Jornada de Investigación y Postgrado: Libro de Actas* (pp. 225-230). Área de Innovación y Desarrollo, S.L. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2018.34>

- Deloitte. (2021, julio). *Sustainability in the manufacturing sector: From vision to action*. Deloitte. <https://www.deloitte.com/uk/en/Industries/energy/perspectives/sustainability-in-the-manufacturing-sector.html>
- Dini, M., Gligo, N., & Patiño, A. (2021, agosto). *Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas* (LC/TS.2021/99). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47183>
- Gallego Trijueque, S., & Oliva Maraño, C. (2022). La cuarta revolución industrial: transformación digital como nuevo paradigma. *Signo y Pensamiento*, 41. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp41.crit>
- García Muiña, F. E., Pelechano Barahona, E., & Navas López, J. E. (2008). La complejidad del conocimiento y el sostenimiento de las ventajas competitivas. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 11(37), 7-32. [https://doi.org/10.1016/S1138-5758\(08\)70067-7](https://doi.org/10.1016/S1138-5758(08)70067-7)
- Garduño Palomino, K. Y. (2021). Estado de avance de la industria 4.0 en la maquiladora: efectos en el empleo en Mexicali, México. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 11(21). <https://doi.org/10.32870/Pk.a11n21.644>
- Gontero, S., & Novella, R. (2021, diciembre). *El futuro del trabajo y los desajustes de habilidades en América Latina* (LC/TS.2021/206). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47651>
- González Farías, J. P., Vázquez Lara de la Cruz, L. G., Cano Ibarra, S. T., & Contreras-Medina, D. I. (2025). Percepción del impacto social en la adopción de la Industria 4.0 en trabajadores de una empresa productora. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 16(31), e1010. <https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2737>
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, e30, 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by Industry 4.0. *Technology in Society*, 64, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Lachman, J., & Stubrin, L. (2024). La transformación digital de la industria argentina: un estudio exploratorio del sector de maquinaria para alimentos. *Estudios Económicos*, 41(82), 5-30. <https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2024.3629>
- Law, N., Woo, D., de la Torre, J., & Wong, G. (2018, junio). *A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2* (UIS/2018/ICT/IP51). UNESCO Institute for Statistics. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265403>
- Madero Gómez, S., & Vásquez Rivera, O. I. (2025). El futuro del trabajo y sus implicaciones en el talento. *Investigación Administrativa*, 54(135), 00005. <https://doi.org/10.35426/iav54n135.05>
- Morduchowicz, R. (2021). *Competencias y habilidades digitales* (MTD/ED/2021/PI/05). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380113>
- OECD. (2020, noviembre). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>

- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2021). *Informe sobre el desarrollo industrial: el futuro de la industrialización en un mundo pospandémico*. ONUDI. <https://www.unido.org/news/future-industrialization-post-pandemic-world-industrial-development-report-2022>
- Organización Mundial del Comercio. (2020). *Informe anual 2020 de la OMC*. Organización Mundial del Comercio. https://www.wto.org/spanish/res_s/publications_s/anrep20_s.htm
- Pagés, A. (2023, julio). *4 tendencias de sostenibilidad en el sector de manufactura*. <https://clusterindustrial.com.mx/4-tendencias-de-sostenibilidad-en-el-sector-de-manufactura/>
- Román-Salinas, R. V., Díaz-Martínez, M. A., Ruíz-Hernández, S., Cervantes-Zubirías, G., & Morales-Rodríguez, M. Á. (2024). El internet de las cosas y la industria 4.0: aplicaciones en el campo de la ingeniería industrial. *Revista UIIS Ingenierías*, 23(2), 111-130. <https://doi.org/10.18273/revuin.v23n2-2024007>
- Sánchez Juárez, I. L., & Moreno Brid, J. C. (2016). El reto del crecimiento económico en México: industrias manufactureras y política industrial. *Revista Finanzas y Política Económica*, 8(2), 271-299. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2016.8.2.4>
- Sánchez Martínez, D., Lavín Verastegui, J., Pedraza Melo, N. A., & Jasso, J. (2025). Capacidades dinámicas y economía circular en las organizaciones: un análisis bibliométrico. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Nueva Época*, 20(1), 1-33, e1198. <https://doi.org/10.21919/remef.v20i1.1198>
- Statista Research Department. (2023). *La industria manufacturera en México: datos estadísticos*. <https://es.statista.com/temas/7853/la-industria-manufacturera-en-mexico/#dossier-chapter5>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- World Bank. (s.f.). *Manufacturing, value added (% of GDP)*. Consultado el 10 de julio de 2025, desde <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS>
- World Economic Forum. (2023, mayo). *The Future of Jobs Report 2023*. World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf
- Zottele Allende, A. C., & Nájera Jiménez, L. E. (2022). Economía circular: contribución a la Agenda 2030. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 17(4), e792. <https://doi.org/10.21919/remef.v17i4.792>