

Esta obra está publicada bajo una licencia [CC BY 4.0 DEED](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Impacto de la Adopción de Competencias Digitales y Tecnológicas de la Industria 4.0 en la Productividad, Empleabilidad, Innovación y Sostenibilidad Económica en Sectores Industriales: Un Análisis Comparativo con Competencias Laborales Tradicionales

Impact of the Adoption of Digital and Technological Competencies of Industry 4.0 on Productivity, Employability, Innovation, and Economic Sustainability in Industrial Sectors and SMEs: A Comparative Analysis with Traditional Labor Competencies

Heyson Anticona Hoyos¹ , Nelson Castillo García¹ , Adriana Gutiérrez Izquierdo¹ , Vicky Loyola López^{1*} , Karen Rojas Acuña¹ 

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor de correspondencia: t531300420@unitru.edu.pe

RESUMEN

En la Industria 4.0, la transformación digital y la automatización han redefinido las competencias en sectores industriales y PYMEs. Este artículo evalúa cómo las competencias digitales y tecnológicas impactan la productividad, empleabilidad, innovación y sostenibilidad económica, frente a las competencias tradicionales. Mediante una revisión bibliográfica basada en PICO y PRISMA, se analizaron 25 estudios (2018-2024), destacando mejoras significativas gracias a tecnologías como IoT, inteligencia artificial y Big Data. Sin embargo, barreras como resistencia al cambio, brechas educativas y falta de infraestructura limitan su adopción. Se sugieren capacitaciones, financiamiento y alianzas público-privadas para superar estas dificultades.

Palabras Clave: *Industria 4.0, competencias digitales, productividad, transformación digital, innovación.*

ABSTRACT

In Industry 4.0, digital transformation and automation have redefined competencies in industrial sectors and SMEs. This article evaluates how digital and technological competencies impact productivity, employability, innovation, and economic sustainability compared to traditional competencies. Through a literature review based on PICO and PRISMA methodologies, 25 studies (2018-2024) were analyzed, highlighting significant improvements driven by technologies such as IoT, artificial intelligence, and Big Data. However, barriers such as resistance to change, educational gaps, and lack of infrastructure limit their adoption. Training programs, financing, and public-private partnerships are suggested to overcome these challenges.

Keyword: *Industry 4.0, digital competencies, productivity, digital transformation, innovation.*

1. Introducción

En un mundo impulsado por la innovación tecnológica, la Industria 4.0 se erige como un catalizador de cambio que redefine las competencias laborales y transforma profundamente los entornos organizacionales. La digitalización, la automatización y el avance de tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el Big Data no solo están redibujando las reglas del mercado, sino que también imponen la necesidad de adoptar habilidades que permitan a las empresas y trabajadores mantenerse competitivos en un entorno en constante evolución. Este fenómeno se vuelve aún más crítico tras la pandemia de COVID-19, que aceleró significativamente estas tendencias, consolidando la transición hacia un paradigma laboral más tecnológico [1].

El contexto actual plantea grandes desafíos. Según [2], la Cuarta Revolución Industrial está desplazando modelos tradicionales de empleo, mientras que [3] señala que la capacidad de adaptación a nuevas tecnologías se ha convertido en un diferenciador clave para las organizaciones. Sin embargo, estudios recientes advierten sobre la resistencia al cambio, las brechas educativas y la falta de infraestructura como barreras críticas que limitan la adopción de estas competencias digitales [4, 5]. En el caso de las PYMEs, la transformación digital no solo define su supervivencia en un mercado competitivo, sino que también condiciona su capacidad para innovar y generar valor sostenible [6, 7].

Antecedentes previos sugieren que la adopción de competencias tecnológicas puede mejorar significativamente la productividad, la empleabilidad y la sostenibilidad económica. Por ejemplo, estudios realizados en Europa y América Latina destacan cómo herramientas digitales, como la inteligencia artificial y las plataformas colaborativas, están transformando los procesos operativos y los modelos de negocio [8, 5]. Sin embargo, también enfatizan la necesidad de políticas públicas, financiamiento y capacitación para superar las barreras mencionadas y garantizar una integración efectiva [9, 10].

La presente investigación se justifica por la necesidad de analizar cómo la adopción de estas competencias impacta el desempeño laboral y organizacional, en comparación con las competencias tradicionales. Este estudio tiene como objetivo general evaluar, desde un enfoque sistemático, las diferencias entre ambos tipos de competencias en términos de productividad, innovación, sostenibilidad económica y empleabilidad. Además, se busca proporcionar evidencia teórica y práctica para diseñar estrategias que permitan superar barreras, fomentar alianzas público-privadas y facilitar la transición hacia un entorno laboral más competitivo y dinámico.

Este análisis no solo aportará conocimiento actualizado sobre el estado actual de las competencias digitales en la Industria 4.0, sino que también contribuirá a la formulación de políticas y programas de capacitación que respondan a las demandas del mercado global. Al abordar esta temática desde una perspectiva integral, se espera fortalecer la capacidad de las empresas y los trabajadores para adaptarse a las demandas de un mundo cada vez más digitalizado.

2. Metodología

El presente estudio evalúa los efectos de la adopción de competencias digitales en trabajadores de sectores industriales tradicionales. Para ello, se formuló una pregunta de investigación basada en la metodología PICO que sirvió para proporcionar una guía en la

revisión bibliográfica en las que se usaron las directrices PRISMA 2020 seleccionando 25 publicaciones.

Se identificaron estudios relevantes en los repositorios Scopus, Dialnet, ProQuest, SciELO y Google Scholar, con el fin de analizar de manera confiable, rigurosa y transparente para finalmente definir la relación entre las competencias de la Industria 4.0 y la mejora de la productividad y empleabilidad.

Los criterios de elegibilidad se muestran en la Tabla 1, así como también los criterios de exclusión.

Tabla 1
Criterios de inclusión (CI) y criterios de exclusión (CE)

Criterio	Criterios de Inclusión (CI)	Criterios de Exclusión (CE)
Tipos de estudios	Artículos científicos, tesis doctorales y revisiones sistemáticas que evalúen competencias digitales y tradicionales en el contexto de la Industria 4.0.	Publicaciones teóricas sin análisis empírico, notas breves, editoriales o resúmenes sin datos relevantes sobre competencias laborales.
Temática	Estudios que comparen competencias digitales y tradicionales, analizando su impacto en productividad, empleabilidad, innovación y sostenibilidad económica.	Publicaciones que no analicen específicamente competencias laborales en el contexto de la Industria 4.0 o no aporten datos significativos.
Resultados	Investigaciones que reporten efectos concretos de la adopción de competencias digitales en sectores industriales.	Estudios que no presenten resultados específicos sobre la adopción o impacto de las competencias digitales y tecnológicas en el sector.
Tiempo	Publicaciones realizadas entre 2018 y 2024.	Publicaciones fuera del rango temporal establecido (antes de 2018).
Idioma	Publicaciones en inglés y español.	Publicaciones en otros idiomas que no sean los especificados.

El estudio corresponde a una revisión sistemática, cuyo alcance es descriptivo y comparativo. Se adoptaron las directrices PRISMA 2020 para estructurar el proceso de selección y evaluación de la literatura de las fuentes seleccionadas, lo que garantiza rigor metodológico y transparencia de la investigación.

Se definieron estrategias de búsqueda específicas para cada repositorio, utilizando términos en inglés y español relacionados con competencias laborales tradicionales, habilidades digitales y la Industria 4.0. Definidos en la Tabla 2.

Tabla 2
Repositorios y búsqueda sistemática

Repositorio	Consultas Utilizadas	No.
DIALNET	(Competencias laborales OR job skills) AND (Contexto Industria 4.0)	76
SCOPUS	("Competencias laborales" OR "job skills") AND ("Industria 4.0" OR "Industry 4.0")	26
PROQUEST	("Workforce skills") AND ("technology adoption" OR "adopción tecnológica")	30
SciELO	("Competencias tecnológicas" OR "habilidades digitales") AND ("productividad en la industria" OR "industrial productivity")	46
Google Scholar	("Competencias laborales tradicionales" OR "traditional job skills") AND ("technological adoption" OR "adopción de tecnología")	46

Análisis de datos

Extracción de datos

Se recopiló información clave de los estudios seleccionados, incluyendo: título, año, país, campo de aplicación, competencias identificadas y relevancia en un excel que permitió ordenar la información y hacer el posterior análisis, enfocándonos en identificar las competencias tradicionales y las competencias digitales y tecnológicas en el marco de la adopción de estas últimas, en el contexto de la industria 4.0.

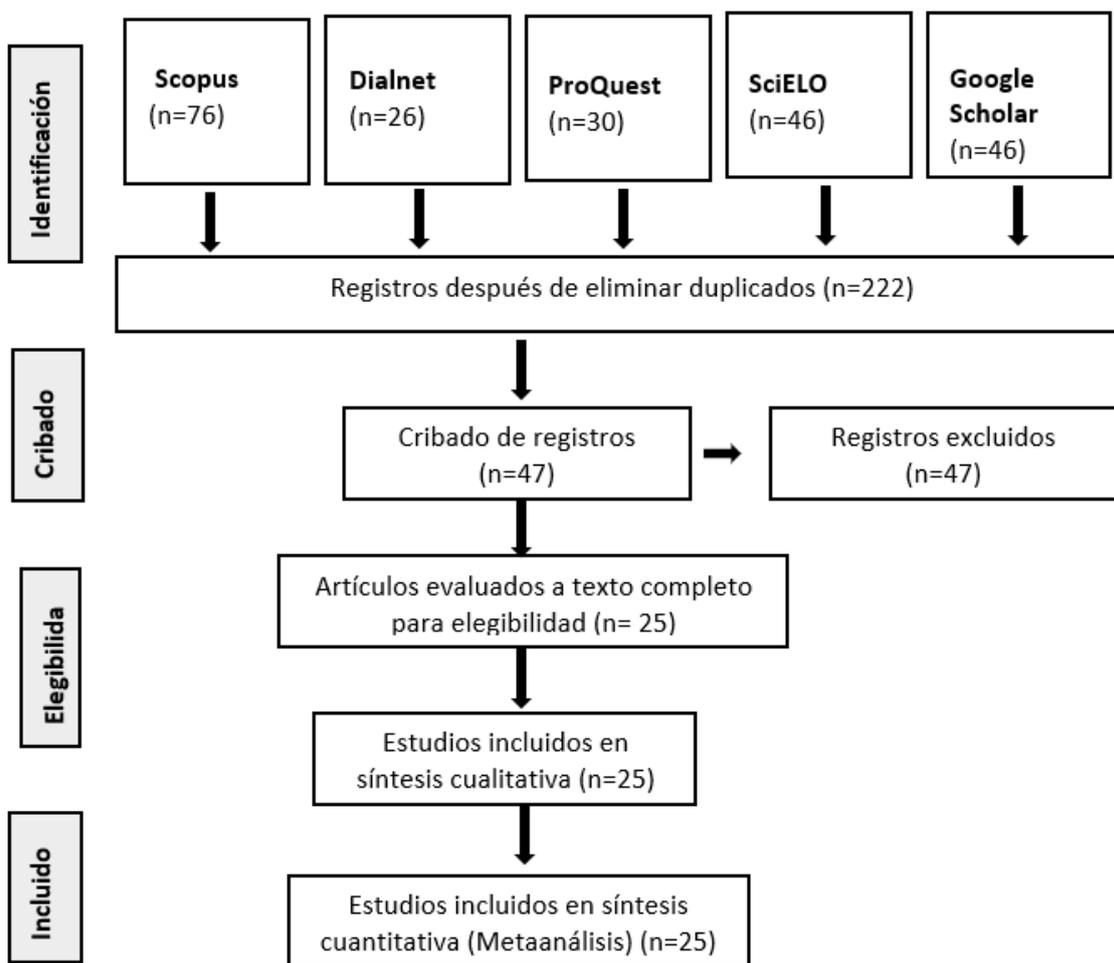


Figura 1. Análisis de datos por metodología Prisma.

Evaluación de riesgo de sesgo de los estudios individuales

Se utilizaron herramientas de evaluación como los criterios PRISMA para identificar posibles sesgos en la selección y en la calidad de los estudios. Además, se garantizó la inclusión equilibrada de estudios de diferentes regiones y contextos haciendo una síntesis de cada una de las investigaciones a partir de los criterios establecidos para la selección, buscando en lo posible reducir el sesgo de interpretación personal, el análisis se hace sobre una revisión sistemática de los datos, procurando evaluar la información a partir de hallazgos concretos y evidenciables lo que permitió un análisis coherente y comprobable, asegurando la validez y fiabilidad de este estudio (Figura 1).

Consideraciones éticas

Dado que la investigación se basa en literatura publicada, no se requiere aprobación ética formal. No obstante, se respetaron los derechos de autor y se citaron todas las fuentes de manera adecuada.

3. Resultados y discusión

Se seleccionaron 25 artículos de investigación, En la tabla 3 se describe las características de cada uno de ellos.

Tabla 3
Resultados de búsqueda sistemática

Título de la publicación	Año	País	Campo	Competencias identificadas
Las competencias del talento en la Industria 4.0, demanda vs oferta: caso de estudio de la Universidad Rey Juan Carlos, España. [11]	2022	España	Educación	Actualización de las competencias laborales tradicionales mediante programas educativos, integrando habilidades técnicas, metodológicas y personales.
Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 [12]	2021	Chile	Ingeniería	Mediante la incorporación de habilidades técnicas, sociales, de razonamiento y de gestión se transforman las competencias tradicionales para obtener competencias como automatización, IoT, análisis de datos e inteligencia artificial.
Presencia de los pilares de la industria 4.0 en la formación de ingenieros en el noreste de México [9].	2022	México	Ingeniería	Se destaca la importancia de fortalecer habilidades en robótica, simulación, inteligencia artificial, ciberseguridad y computación en la nube.
Empleo de las TIC y competencias digitales de los trabajadores de empresas privadas de Lima Norte [10].	2022	Perú	Sector empresarial	Un mayor uso de las TIC se relaciona con mejores competencias digitales, sugiriendo que estas son más relevantes que las competencias tradicionales para mejorar la efectividad en el trabajo
Competencias profesionales e Industria 4.0: análisis exploratorio para ingeniería industrial y administrativa en Medellín [13]	2020	Perú	Industrial	Implica el desarrollo de habilidades como la adaptación al cambio y el trabajo en equipo, lo que requiere una colaboración entre sector empresarial y educativo.
Innovación, madurez de la gestión del conocimiento e Industria 4.0: mirada en las pymes colombianas [6].	2024	Colombia	Sector empresarial	Se resalta la importancia de habilidades para gestionar y aplicar conocimiento en entornos digitales, integrando capacidades tecnológicas y colaborativas
Determinantes de la innovación en procesos. Un análisis desde las capacidades de aprendizaje y adaptación [7]	2023	Colombia	Innovación y procesos	Es crucial incluir habilidades que fomenten la innovación y la respuesta a cambios tecnológicos.
Factores clave para la implementación de transformación digital en empresas textiles, confecciones del cantón Cuenca [8].	2023	Ecuador	Industria textil	Destaca la importancia de la adopción de competencias tecnológicas y digitales, como el uso de redes sociales, aplicaciones móviles y software de gestión
Las competencias exigidas a los trabajadores de la Industria 4.0: Cambios en la gestión de personas [14]	2021	Portugal	Industrial	Los trabajadores desarrollan competencias avanzadas en áreas digitales, como la analítica de datos y el manejo de herramientas tecnológicas específicas.
Análisis de las competencias claves para la industria 4.0 [15]	2022	España	Industrial	Se identifican competencias digitales avanzadas, capacidad de resolución de problemas, y flexibilidad como esenciales para el entorno de la Industria 4.0.
Contadores del siglo XXI: desarrollo de competencias profesionales para la industria 4.0 [16]	2024	Ecuador	Administrativo	Se destacan las competencias tecnológicas necesarias como el manejo de software, análisis de datos, ciberseguridad y comunicación digital, así como la necesidad de adaptarse a los cambios éticos de la era digital
Impacto de la Innovación Tecnológica en las Competencias Laborales: Estudio en Perú [17]	2024	Perú	Industria en general	Destaca la importancia de desarrollar habilidades en tecnologías de la información y comunicación (TIC)
Competencias requeridas en la industria 4.0 en el entorno organizacional [18]	2023	Colombia	Industria en general	Es fundamental que los profesionales desarrollen capacidades en sistemas ciber físicos, inteligencia artificial y conectividad global.
La era de las competencias digitales en la empleabilidad [19]	2022	México	Industria en general	Se destaca la importancia de tener habilidades laborales como marketing digital, comercio electrónico, ciberseguridad y análisis de información y datos.
El reto de la educación 4.0: competencias laborales para el trabajo emergente por la covid-19 [20]	2020	México	Industria en general	Enfatiza en la necesidad de desarrollar habilidades para manipular dispositivos digitales, además de competencias para el trabajo, competencias de aprendizaje permanente (saber reaprender) y competencias lingüísticas.

Ingeniería de competencias en procesos de fabricación desde la industria 4.0. [21]	2021	España	Industria manufacturera	Las competencias en la Industria 4.0 incluyen la capacidad de adaptarse a entornos cambiantes resolver problemas complejos y desarrollar neuro competencias para un aprendizaje continuo.
Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo [22]	2018	Italia	Industria manufacturera	Las competencias profesionales en la industria 4.0 se centran principalmente en el desarrollo de competencias digitales avanzadas, adaptabilidad a nuevas tecnologías y la capacidad de integración en entornos de trabajo digitales.
América Latina: El impacto de las tecnologías en el empleo y las reformas laborales [23]	2018	Italia	Ingeniería tecnológica	Las competencias clave en la industria 4.0 incluyen habilidades cognitivas avanzadas para análisis y resolución de problemas, competencias técnicas en robótica, inteligencia artificial y automatización, habilidades interpersonales para la colaboración en equipo, y competencias estratégicas.
Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. [24]	2021	México	Educación en ingeniería industrial	Se identifica una necesidad de mejorar las competencias tecnológicas específicas como big data, simulación, IoT para que complementen las competencias tradicionales.
Prototipado de la industria 4.0: mejora de la eficiencia y la productividad en pequeñas empresas mediante iteraciones y soluciones de bajo coste [25]	2024	Noruega	Industria Manufacturera	Capacidades para la automatización y prototipado, conocimiento en integración de sistemas de monitoreo y análisis de datos, capacidad de innovación en procesos productivos, desarrollo de habilidades en IoT y manejo de sistemas de visión por computadora, capacidades para el aprendizaje continuo y la actualización tecnológica.
La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 mediante el uso del marco del entorno organizacional tecnológico: el papel mediador del desempeño manufacturero en un país en desarrollo [26]	2024	India	Industria manufacturera	Competencias en tecnologías digitales avanzadas, conciencia y aplicación de la sostenibilidad, capacidades en gestión de proyectos digitales, orientación a la innovación y mejora continua capacidad de análisis de datos y toma de decisiones basadas en datos.
El nivel de conocimiento y adopción de tecnologías emergentes en la Cuarta Revolución Industrial (4IR) por parte de los contratistas en Malasia [27]	2024	Malasia	Industria de construcción civil	Se destacan las siguientes competencias: Habilidades digitales, uso de tecnologías emergentes como IoT, BIM y realidad aumentada/virtual, gestión de proyectos y toma de decisiones estratégicas, creatividad e innovación, trabajo en equipo en entornos digitales, gestión de datos y análisis (big data).
Una metodología centrada en el ser humano para la coevolución de las habilidades de los operadores, las herramientas digitales y las interfaces de usuario para apoyar al Operador 4.0 [28]	2024	Italia	Industria tecnológica	Se destacan las siguientes competencias: Automatización adaptativa, conocimientos en economía circular, monitorización de parámetros humanos, capacidades de toma de decisiones estratégicas
Desentrañar las tensiones centradas en el ser humano en el camino hacia la Industria 5.0: revisión de la literatura, estrategias de resolución y agenda de investigación [29]	2024	Dinamarca	Industria manufacturera	Competencias digitales y de manejo de datos, Habilidades de colaboración humano - máquina, competencias de seguridad y evaluación de riesgos, habilidades en sostenibilidad y pensamiento crítico, flexibilidad y capacidad de aprendizaje continuo.
Concepción, desarrollo y validación de un modelo interaccionista de competencias profesionales en la industria 4.0. [30]	2021	España	Industria tecnológica	Las competencias profesionales en la industria 4.0 se agrupan en cinco categorías clave: habilidades cognitivas, interpersonales, funcionales para el negocio, tecnológicas y estratégicas.

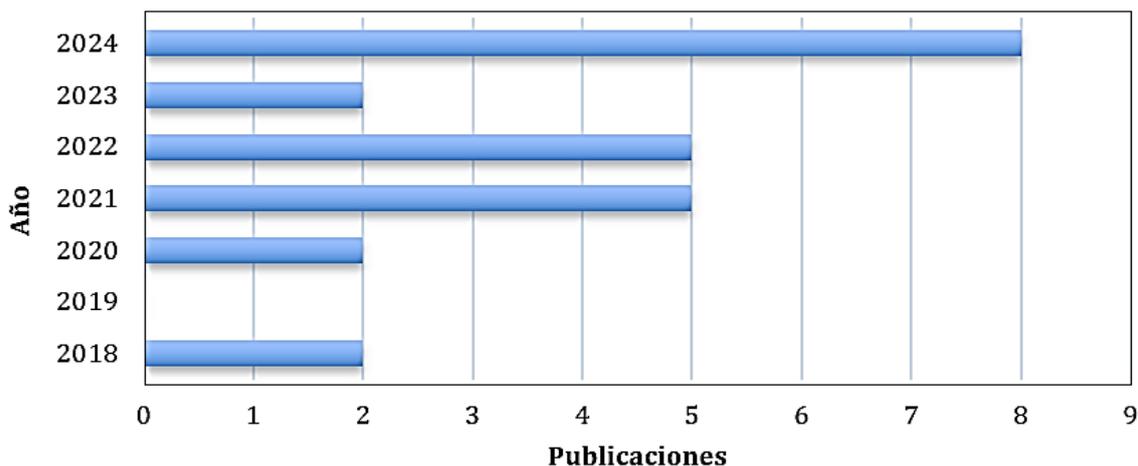


Figura 2. Clasificación de publicaciones por año.

En la Figura 2, se observa que la mayor cantidad de artículos fueron publicados en el año 2024, representando aproximadamente el 35% del total, mientras que en los años 2018 y 2020 se tuvo la menor cantidad de publicaciones, con solo 2 artículos en cada uno.

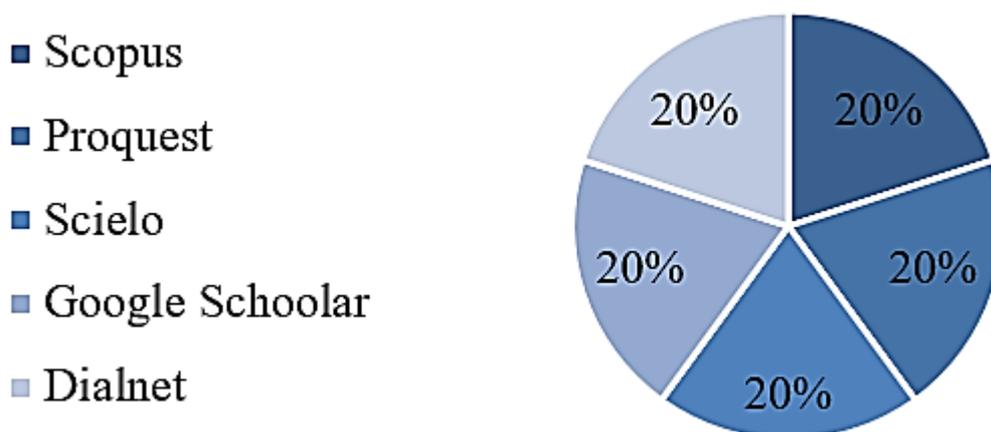


Figura 3. Clasificación por base de datos.

En la Figura 3 se muestran las fuentes de información utilizadas; cada fuente (Dialnet, Google Académico, Scielo, ProQuest y Scopus) aportó el 20% de las publicaciones analizadas.

El uso del mismo porcentaje (20%) de cada fuente de información (Dialnet, Google Académico, Scielo, ProQuest y Scopus) se justifica para asegurar una representación equilibrada y diversa de las publicaciones analizadas. Al distribuir de manera equitativa el peso entre estas plataformas, se minimiza el riesgo de sesgo hacia una fuente en particular y se obtiene una visión más completa y amplia del tema investigado. Cada base de datos tiene características y enfoques diferentes, lo que garantiza que se cubran una variedad de perspectivas, metodologías y contextos. Esto contribuye a un análisis más representativo y fiable, al tiempo que mantiene la validez del estudio al evitar que los resultados dependan excesivamente de una sola fuente.

Tabla 4
Competencias tradicionales vs competencias digitales y tecnológicas (I4.0)

Publi.	Dimensión/indicador	Competencias tradicionales	Competencias digitales y tecnológicas (i4.0)	Impacto observado	Barreras/facilitadores
1	Concordancia entre competencias enseñadas y demandas laborales	Gestión administrativa tradicional	Ciberseguridad, creatividad, sostenibilidad	Discrepancia entre lo enseñado en universidades y lo demandado por la Industria 4.0.	Resistencia al cambio en currículos (barrera); posibilidad de rediseñar programas académicos (facilitador).
2	Habilidades necesarias para futuros ingenieros	Diseño básico, resolución técnica	Habilidades técnicas avanzadas, innovación tecnológica.	Modelo de competencias de innovación que integra sostenibilidad y tecnología.	Currículos obsoletos (barrera); alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (facilitador).
3	Formación de ingenieros basada en los pilares de la Industria 4.0	Fabricación tradicional, metodologías de diseño	Robótica, simulación, IA, manufactura aditiva	Necesidad de fortalecer formación en ciberseguridad y computación en la nube.	Falta de acceso a tecnologías específicas (barrera); cuestionarios validados para evaluar brechas (facilitador).
4	Competencias tecnológicas requeridas por ingenieros industriales	Procesos de manufactura tradicionales	Big data, IoT, simulación, sistemas inteligentes	Requiere adaptación urgente de programas educativos para incluir tecnologías avanzadas.	Limitada inversión en TIC (barrera); existencia de investigaciones que destacan las competencias necesarias (facilitador).
5	Relación entre uso de TIC y competencias digitales en trabajadores	Comunicación, gestión básica	Resolución de problemas tecnológicos, manejo avanzado de TIC	Relación significativa entre uso de TIC y mejora en competencias digitales.	Escasa capacitación en TIC (barrera); alto interés en desarrollar estas competencias por parte de los trabajadores (facilitador).
6	Competencias necesarias para la formación en ingeniería industrial y administrativa	Enfoque en habilidades duras	Habilidades técnicas, blandas, trabajo en equipo	Educación superior debe actualizarse para formar profesionales integrales.	Rigidez en los currículos (barrera); necesidad de colaboración entre universidades y empresas (facilitador).
7	Relación entre gestión del conocimiento y capacidad de innovación en PYMES	Organización tradicional	Gestión del conocimiento, herramientas colaborativas	Madurez en la gestión del conocimiento mejora significativamente la capacidad innovadora.	Limitaciones en la implementación de tecnologías (barrera); prácticas organizacionales efectivas (facilitador).
8	Capacidad de aprendizaje y adaptación en empresas industriales	Procesos estáticos	Innovación tecnológica, estructura organizacional adaptativa	Aprendizaje incrementa un 27% la capacidad para innovar en procesos industriales.	Falta de inversión en I+D (barrera); importancia de la información y proveedores tecnológicos (facilitador).
9	Factores clave en la digitalización de empresas textiles	Métodos tradicionales de gestión	Presencia online, uso de marketing digital	Nivel moderado de digitalización.	Resistencia al cambio (barrera); potencial de colaboración con proveedores de tecnología (facilitador).
10	Cambios en la gestión de personas en la Industria 4.0	Habilidades técnicas básicas	Analítica de datos, flexibilidad tecnológica	Preparación continua en habilidades digitales es clave para integrar	Resistencia a programas de capacitación (barrera); inversión en desarrollo

				trabajadores a entornos inteligentes.	profesional (facilitador).
11	Competencias esenciales para trabajadores en la Industria 4.0	Resolución tradicional de problemas	Innovación tecnológica, flexibilidad, habilidades digitales avanzadas	Adopción de competencias mejora productividad y empleabilidad.	Limitada capacitación en habilidades tecnológicas (barrera); evaluación efectiva de competencias laborales (facilitador).
12	Competencias profesionales para contadores en la Industria 4.0	Ética contable, análisis financiero	Manejo de software contable, análisis de datos, ciberseguridad, comunicación digital	Los contadores adquieren un rol más estratégico, apoyando decisiones y crecimiento organizacional.	Falta de formación en herramientas digitales (barrera); adopción de estándares éticos en la tecnología (facilitador).
13	Cambios en habilidades laborales debido a la innovación tecnológica	Competencias manuales, operativas	Manejo de software especializado, adaptabilidad tecnológica	Competencias digitales incrementan productividad y competitividad laboral en sectores tradicionales.	Escasa formación en habilidades digitales (barrera); interés en adquirir nuevas competencias por parte de los trabajadores (facilitador).
14	Competencias esenciales en sectores industriales tradicionales	Dominio básico de herramientas	Herramientas digitales avanzadas, análisis de datos, aprendizaje continuo	Digitalización y actualización constante mejoran productividad en entornos industriales.	Inversión limitada en tecnología (barrera); apertura a la formación continua (facilitador).
15	Importancia de competencias digitales en el mercado laboral actual	Métodos tradicionales de comunicación laboral	Trabajo remoto, gestión de datos, seguridad digital	Competencias digitales son imprescindibles para la empleabilidad y sostenibilidad económica.	Desigualdad en acceso a tecnologías (barrera); incremento de trabajos digitales (facilitador).
16	Competencias necesarias para estudiantes universitarios	Resolución básica de problemas	Pensamiento crítico, transdisciplinariedad, aprendizaje permanente	Se identificaron seis competencias clave para el entorno laboral acelerado por la pandemia.	Falta de alineación en políticas públicas (barrera); interés global en competencias digitales (facilitador).
17	Habilidades estratégicas para enfrentar la Industria 4.0	Planificación operativa	Habilidades tecnológicas, capacidades estratégicas	Las habilidades estratégicas incrementan el desempeño proactivo.	Escasa formación estratégica en empresas (barrera); validación psicométrica de herramientas para evaluación (facilitador).
18	Neuro competencias para la manufactura 5.0	Habilidades humanas básicas	Interfaces humano-tecnológicas, sistemas adaptativos	Evolución del operador 4.0 al 5.0 mediante interfaces flexibles centradas en el factor humano.	Complejidad de integración tecnológica (barrera); avances en neurociencia aplicada (facilitador).
19	Formación profesional basada en normativas innovadoras	Competencias técnicas básicas	Adquisición de habilidades disruptivas, educación continua	"Educación disruptiva" como herramienta clave para nuevas competencias.	Resistencia normativa al cambio (barrera); potencial de métodos innovadores (facilitador).
20	Transformación del empleo tradicional en la era digital	Trabajo manual	Digitalización, automatización	Digitalización crea polarización laboral: alta capacitación vs. exclusión.	Desregulación laboral (barrera); influencia de modelos europeos para mejorar formación (facilitador).

21	Implementación de tecnologías de bajo coste en pequeñas empresas	Métodos manuales de mejora continua	Soluciones de prototipado, manufactura digital	Prototipado iterativo mejora productividad en pequeñas empresas.	Costos iniciales de implementación (barrera); acceso a espacios de fabricación locales (facilitador).
22	Adopción de tecnologías avanzadas en países en desarrollo	Procesos tradicionales	Marco TOE, decisiones tecnológicas basadas en datos	Marco TOE permite relacionar tecnología con desempeño industrial.	Falta de recursos tecnológicos (barrera); apoyo gubernamental en innovación (facilitador).
23	Adopción de tecnologías 4.0 en la construcción	Métodos tradicionales de construcción	Tecnologías semiautomatizadas	Nivel bajo de adopción de tecnologías avanzadas en construcción.	Escasa conciencia sobre beneficios tecnológicos (barrera); planificación estratégica a largo plazo (facilitador).
24	Herramientas digitales para el Operador 4.0	Operaciones manuales	HMI personalizadas, interfaces adaptativas	Interfaces adaptativas aumentan eficiencia y sostenibilidad en manufactura.	Complejidad técnica de implementación (barrera); soporte de proyectos industriales como DaCapo (facilitador).
25	Tensiones y estrategias en la transición hacia la Industria 5.0	Coordinación básica	Automatización, bienestar, educación tecnológica	Tensiones en aprendizaje y automatización requieren estrategias interrelacionadas.	Desafíos en educación y bienestar (barrera); marco teórico para resolución de tensiones (facilitador).

Cada publicación señala el impacto que la adopción de competencias digitales tiene en las diferentes áreas identificadas, tales como la mejora de la productividad, el aumento de la innovación, la mejor adaptación al cambio y la mejora de la competitividad. Además de manera cuantitativa o cualitativa, los resultados positivos de integrar competencias digitales en los trabajadores y las organizaciones que además son similares a pesar de no sólo ser de diferentes países, sino que además son industrias totalmente diferentes (Tabla 4).

En cada estudio, se identifica si existen barreras o facilitadores para la adopción de competencias digitales, considerando que cada país tiene una estructura política, social y cultural diferente:

- Barreras: Limitaciones que obstaculizan la resistencia al cambio, falta de recursos o infraestructura deficiente, falta de políticas públicas orientadas al cambio.
- Facilitadores: Factores que apoyan el proceso de adopción tecnológica, como financiamiento público, programas de capacitación o alianzas público-privadas.

Las dimensiones en la tabla que se han considerado, refieren a los diferentes aspectos que abordan las tesis para evaluar la adopción de competencias digitales y su impacto, además estas derivan del análisis hecho a la productividad, empleabilidad, innovación y sostenibilidad económica. Estas dimensiones están alineadas con la pregunta PICO y los objetivos del análisis propuesto en este trabajo. Las dimensiones que se han incluido son:

- a) Productividad: Cómo las competencias digitales impactan la eficiencia de los procesos y la capacidad de las empresas para generar más productos o servicios con los mismos recursos.
- b) Innovación empresarial: La capacidad de las organizaciones para integrar nuevas tecnologías en sus operaciones y cómo esto afecta su competitividad e innovación.

- c) Sostenibilidad económica: Analiza el impacto de la adopción tecnológica en la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo de las empresas.
- d) Competencias laborales: Evaluación de las habilidades requeridas en los trabajadores para adaptarse a las demandas de la Industria 4.0, comparando las competencias tradicionales y digitales.
- e) Neuro competencias: Se refiere al uso de tecnologías avanzadas, como la neuro instrucción y los gemelos digitales, que permiten mejorar las competencias cognitivas de los empleados en el entorno de trabajo.
- f) Empleabilidad: Evaluación del impacto de las competencias digitales en las oportunidades de empleo y la capacidad de adaptación al cambio tecnológico.
- g) Formación académica: Enfoque en cómo los currículos educativos están respondiendo a las demandas de la Industria 4.0, incorporando habilidades digitales.
- h) Innovación en procesos: La capacidad de adoptar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y la automatización de procesos.

La Industria 4.0 está transformando profundamente las competencias laborales, desplazando las habilidades tradicionales como las manuales y operativas hacia competencias digitales y adaptativas. Estas nuevas habilidades incluyen el manejo de tecnologías avanzadas como IoT, Big Data e inteligencia artificial, además de cualidades como la flexibilidad y la resiliencia, esenciales en entornos digitales dinámicos.

La adopción de competencias digitales ha demostrado mejorar significativamente la productividad, fomentan la innovación, al permitir la integración de nuevas tecnologías y la toma de decisiones estratégicas basadas en datos en tiempo real, lo que resulta crucial para la competitividad empresarial.

En cuanto a la empleabilidad, las competencias digitales se han convertido en un factor clave, mientras que las habilidades tradicionales pierden relevancia debido a la automatización. Sin embargo, la transición enfrenta barreras como la resistencia cultural, las brechas educativas y la falta de infraestructura, aunque programas de capacitación, alianzas público-privadas y políticas de financiamiento han sido identificados como facilitadores efectivos.

En síntesis, la integración de competencias digitales es esencial para aumentar la productividad, la innovación y la empleabilidad. Superar las barreras estructurales y promover estrategias de formación y digitalización permitirá que trabajadores y empresas se adapten con éxito a los retos de la era digital.

4. Conclusiones

Buscando establecer los parámetros correctos y pertinentes para esta revisión, fue necesario el enfoque PICO y el análisis PRISMA 2020 y de esta manera asegurar la representatividad y validez de los datos recopilados, se pudo profundizar e identificar la relación entre competencias tradicionales y digitales en el contexto de la I4.0.

Se identificaron barreras culturales y psicológicas, particularmente en trabajadores de sectores tradicionales, que dificultan la adopción de nuevas habilidades tecnológicas. Esto destaca la necesidad de programas de capacitación que no solo desarrollen habilidades técnicas, sino que también fortalezcan la adaptabilidad, el aprendizaje continuo y la colaboración, competencias que facilitan una integración más efectiva en entornos de trabajo digitales. La metodología utilizada.

Para investigaciones futuras, se recomienda explorar la efectividad de programas de capacitación específicos que combinen competencias técnicas y habilidades blandas en trabajadores de sectores industriales tradicionales. Además, sería valioso analizar los efectos a largo plazo de estas competencias en la empleabilidad y la adaptabilidad de los trabajadores en diferentes contextos industriales y regiones geográficas, lo cual permitiría a empresas y gobiernos diseñar políticas de formación más precisas y efectivas para enfrentar los desafíos de la era digital.

La investigación sobre la adopción de competencias digitales y tecnológicas en la Industria 4.0 muestra una clara evidencia de que la integración de estas competencias mejora significativamente diversos aspectos del desempeño empresarial y laboral. Al comparar los beneficios de la adopción de tecnologías avanzadas con las competencias tradicionales, se observa que las empresas y trabajadores que adoptan estas tecnologías experimentan mejoras notables en productividad, empleabilidad, innovación empresarial y sostenibilidad económica.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Stalmachova, K., Juhász, J., & Moravčíková, D. (2022). Accelerating digital transformation in SMEs during the COVID-19 pandemic: Challenges and opportunities. *Journal of Business Research*, 144, 789–799.
- [2] Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- [3] Marr, B. (2018). *Artificial Intelligence in Practice: How 50 Companies Used AI and Machine Learning to Solve Problems*. Wiley.
- [4] Hoch, R., & Brad, E. (2021). The future of work: Bridging the skills gap in a digital economy. *Workforce Development Quarterly*, 29(3), 45–63.
- [5] González, A. M., Márquez, R. L., & Santillán, D. J. (2019). Innovación y eficiencia en la Industria 4.0: Retos y oportunidades en América Latina. *Journal of Technological Advances*, 32(4), 213–230.
- [6] Riascos-Erazo, S. C., & Aguilera-Castro, A. (2024). Innovación, madurez de la gestión del conocimiento e Industria 4.0: Una mirada en las PYMEs colombianas. *Journal of Technology Management & Innovation*, 19(1), 29–39. <https://doi.org/10.4067/s0718-27242024000100029>
- [7] Alvarez-Melgarejo, M., Beltrán-Díaz, A., & Torres-Barreto, M. L. (2023). Determinantes de la innovación en procesos. Un análisis desde las capacidades de aprendizaje y adaptación. *Innovar*, 34(91). <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n91.100632>
- [8] Japón, D. B. B., Arandes, J. T., & Japón, J. L. B. (2023). Factores clave para la implementación de transformación digital en empresas textiles, confecciones del cantón Cuenca. *Pacha Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global*, 4(12), e230224. <https://doi.org/10.46652/pacha.v4i12.224>
- [9] Lizbeth, H. M., & Lizbeth, H. M. (s. f.). Presencia de los pilares de la industria 4.0 en la formación de ingenieros en el noreste de México. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142022000200019&lang=es
- [10] Retamozo, B. I. M. (2024). Empleo de las TIC y competencias digitales de los trabajadores de empresas privadas de Lima Norte. *EDMETIC*, 13(2), 1–12. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v13i2.15842>
- [11] Las competencias del talento en la Industria 4.0, demanda vs oferta: Caso de estudio de la Universidad Rey Juan Carlos, España. (2020). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062022000100019&lang=es
- [12] Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la Industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). (2021). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062021000200075&lang=es
- [13] Arenas, I. D. R., Medina, E. J., & Callejas, R. Y. (2021). Competencias profesionales e Industria 4.0: análisis exploratorio para ingeniería industrial y administrativa en Medellín. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía (RIIEP)*, 14(2). <https://doi.org/10.15332/25005421.6299>
- [14] Las competencias exigidas a los trabajadores de la Industria 4.0: Cambios en la gestión de personas. (2021). Recuperado el 13 de noviembre de 2024, de https://online.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/7408/1/PDF_72383-Texto%20del%20art%3%adculo-4564456640847-1-10-20220506.pdf
- [15] Mababu, R. (2022). Análisis de las competencias claves para la industria 4.0. (2022). *TECHNO Review*. 2-15. <https://eaapublishing.org/journals/index.php/technorev/article/view/568/681>

- [16] Paola, A. G. J., Enrique, Z. S. P., & Paulina, M. N. V. (2024). Contadores del siglo XXI: Desarrollo de competencias profesionales para la Industria 4.0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442024000400179&lang=es
- [17] Del Rosario, F. (2024). Impacto de la innovación tecnológica en las competencias laborales: estudio en Perú. *Alternativa Financiera*, 15. <https://orcid.org/0000-0003-3829-4422>
- [18] Rúa-Barrera, S., Gaviria-Yepes, L. M., & Mona-Martínez, H. (2023). Vista de Competencias requeridas en la industria 4.0 en el entorno organizacional. *Rev. INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(1), 13-30 <https://doi.org/10.26495/icti.v10i1.2396>
- [19] Gómez, C. (2022). La era de las competencias digitales en la empleabilidad. *Revista cnci*, 1(1), 69-78. <https://doi.org/10.59142/rcnci.v1i1.24>
- [20] Bermúdez, G. M., & Ferrer, A. E. E. (2021). El reto de la educación 4.0: competencias laborales para el trabajo emergente por la COVID-19. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas: RICSH*, 10(19), 261-283. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8086244>
- [21] Jorge, S. G., & Francisco, A. G. (2021). Ingeniería de competencias en procesos de fabricación desde la Industria 4.0: Aplicación al grado de ingeniería mecánica. Programa de Doctorado en Fabricación, Materiales e Ingeniería Ambiental por la Universidad de Cádiz. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287065>
- [22] Nají, M. J. (2018). Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo. *Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho del Empleo*, 6(1), 164-194. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6354879>
- [23] Delgue, J. R. (2018). América Latina: El impacto de las tecnologías en el empleo y las reformas laborales. *Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho del Empleo*, 6(1), 6-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6354873>
- [24] González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22, e30. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- [25] Havsgård, H., Nygård, D., & Steinert, M. (2024). Prototyping industry 4.0: enhancing efficiency and productivity in small enterprises through iteration and low-cost solutions. *International Design Conference*, 275-284. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.30>
- [26] Amin, A., Bhuiyan, M. R. I., Hossain, R., Molla, C., Poli, T. A., & Milon, M. N. U. (2024). The adoption of Industry 4.0 technologies by using the technology-organizational environment framework: The mediating role of manufacturing performance in a developing country. *Business Strategy & Development*, 7(2), e363. <https://doi.org/10.1002/bsd2.363>
- [27] Jaafar, M., Salman, A., Ghazali, F. E. M., Zain, M. Z. M., & Kilau, N. M. (2024). The awareness and adoption level of emerging technologies in Fourth Industrial Revolution (4IR) by contractors in Malaysia. *Ain Shams Eng. J.*, 102710. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102710>
- [28] Fabio, G., Giuditta, C., Margherita, P., & Raffaeli, R. (2025). A human-centric methodology for the co-evolution of operators' skills, digital tools and user interfaces to support the Operator 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 91, 102854. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102854>
- [29] Pacheco, D. A. D. J., & Iwaszchenko, B. (2024). Unravelling human-centric tensions towards Industry 5.0: Literature review, resolution strategies and research agenda. *Digital Business*, 4(2), Article 100090. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2024.100090>
- [30] Battistelli, A., & Antino, M. (2021). Concepción, desarrollo y validación de un modelo interaccionista de competencias profesionales en la industria 4.0. Programa de Doctorado en Psicología por la Universidad Complutense de Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305612>