Ecosistemas digitales inteligentes para competencias laborales en educación técnica de Seguridad y Salud en el Trabajo: revisión sistemática PRISMA 2020*

Intelligent Digital Ecosystems for Labor Competencies in Technical Education in Occupational Safety and Health: A PRISMA 2020 Systematic Review

Diana Milena Díaz Masmela[1]



Fecha de recepción: 26 de enero de 2026
Fecha de aprobación: 08 de septiembre de 2026

Resumen

La transformación del trabajo ha impulsado nuevas formas de enseñar, aprender y gestionar la prevención en contextos laborales. En este escenario, los ecosistemas digitales inteligentes articulan inteligencia artificial, gemelos digitales, realidad virtual, internet de las cosas y analítica del aprendizaje para fortalecer competencias laborales. En seguridad y salud en el trabajo (SST), estas tecnologías fortalecen la formación técnica, la identificación de peligros, la toma de decisiones y la cultura preventiva. El objetivo de esta revisión fue identificar, analizar y sintetizar la producción científica publicada entre 2018 y 2026 sobre el diseño, implementación y evaluación de ecosistemas digitales inteligentes orientados al fortalecimiento de competencias laborales en la educación técnica en SST. Se realizó una revisión sistemática conforme a PRISMA 2020. La búsqueda se efectuó entre el 20 y el 23 de mayo de 2026 en Scopus, Web of Science y ScienceDirect, con 525 registros iniciales. Tras aplicar filtros por año, tipo documental e idioma, se obtuvieron 277 registros; luego de eliminar 15 duplicados, quedaron 262 documentos únicos. El tamizaje temático redujo el corpus a 138 artículos para revisión a texto completo y, tras excluir cuatro estudios, la síntesis final incluyó 134 documentos. El análisis integró síntesis narrativa, análisis bibliométrico con VOSviewer y Bibliometrix/Biblioshiny, y análisis transversal

* Artículo de revisión sistemática de literatura. Este artículo se deriva del proyecto de tesis doctoral titulado "Diseño de un ecosistema digital inteligente para el fortalecimiento de competencias laborales en seguridad y salud en el trabajo en el Centro de Industria y Servicios del Meta – SENA", en desarrollo en el Doctorado en Educación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB).

[1] Doctoranda en Educación, UNAB. Correo: ddiaz536@unab.edu.co. https://orcid.org/0000-0001-5345-483X

comparativo. Los resultados identificaron cinco clústeres: tecnologías inmersivas, analítica e inteligencia artificial, prevención de riesgos, ergonomía cognitiva y adopción institucional. Se concluye que estos ecosistemas fortalecen competencias técnicas, digitales, transversales y preventivas, aunque persisten vacíos en estudios longitudinales, evidencia latinoamericana y marcos estandarizados de evaluación.

Palabras clave:

Palabras clave: ecosistemas digitales inteligentes, competencias laborales, seguridad y salud en el trabajo, analítica del aprendizaje, revisión sistemática, bibliometría.

Clasificación JEL: I21, J24, J28, O33.

Abstract

The transformation of work has promoted new ways of teaching, learning, and managing prevention in occupational contexts. In this scenario, intelligent digital ecosystems integrate artificial intelligence, digital twins, virtual reality, the Internet of Things, and learning analytics to strengthen labor competencies. In Occupational Safety and Health (OSH), these technologies enhance technical training, hazard identification, decision-making, and preventive culture. The objective of this review was to identify, analyze, and synthesize the scientific production published between 2018 and 2026 on the design, implementation, and evaluation of intelligent digital ecosystems aimed at strengthening labor competencies in technical education in OSH. A systematic review was conducted in accordance with PRISMA 2020. The search was carried out between May 20 and 23, 2026, in Scopus, Web of Science, and ScienceDirect, yielding 525 initial records. After applying filters by year, document type, and language, 277 records were obtained; after removing 15 duplicates, 262 unique documents remained. Thematic screening reduced the corpus to 138 articles for full-text review and, after excluding four studies, the final synthesis included 134 documents. The analysis integrated narrative synthesis, bibliometric analysis using VOSviewer and Bibliometrix/Biblioshiny, and cross-comparative analysis. The results identified five clusters: immersive technologies, analytics and artificial intelligence, risk prevention, cognitive ergonomics, and institutional adoption. It is concluded that these ecosystems strengthen technical, digital, transversal, and preventive competencies, although gaps remain in longitudinal studies, Latin American evidence, and standardized evaluation frameworks.

Keywords:

intelligent digital ecosystems, labor competencies, occupational safety and health, learning analytics, systematic review, bibliometrics.

JEL Classification: I21, J24, J28, O33.

Introducción

Contexto del estudio

La aceleración tecnológica de la última década ha generado una reconfiguración profunda de los entornos laborales y educativos. La convergencia de la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la computación en la nube, la realidad virtual y aumentada y la analítica de datos está redefiniendo los procesos productivos, así como las formas de aprender, enseñar y gestionar los riesgos laborales (Trenerry et al., 2021). Este fenómeno, asociado con la Industria 4.0 y su evolución hacia la

Industria 5.0, plantea nuevas demandas de competencias para los trabajadores técnicos, particularmente en sectores de alta complejidad y riesgo, en los que la SST constituye un campo transversal que exige capacidades especializadas para identificar peligros, valorar riesgos, prevenir incidentes y promover condiciones de trabajo seguras (Wang et al., 2023).

En este contexto, para efectos de esta revisión, los ecosistemas digitales inteligentes se entienden como configuraciones sociotécnicas que articulan de manera interdependiente plataformas, datos, servicios, agentes tecnológicos y procesos pedagógicos. Su propósito es posibilitar experiencias de aprendizaje adaptativas, colaborativas y contextualizadas, con mecanismos de retroalimentación, personalización y seguimiento del desempeño. Esta definición operativa evita reducir el concepto a la simple incorporación de herramientas digitales y permite analizarlo como una arquitectura sistémica que vincula tecnología, formación y necesidades del contexto laboral.

En el campo específico de la SST, la digitalización impulsa la evolución de las prácticas de gestión de riesgos. Las herramientas digitales permiten supervisar condiciones laborales en tiempo real y facilitar espacios de aprendizaje inmersivos que mejoran la conciencia del riesgo (Kabiesz et al., 2025). Estudios recientes evidencian cómo la realidad virtual, la simulación y la inteligencia artificial potencian la eficacia del entrenamiento en SST, reduciendo brechas de conocimiento y mejorando la respuesta ante emergencias (Akyıldız, 2023). No obstante, persisten vacíos sobre cómo los ecosistemas digitales inteligentes contribuyen específicamente al fortalecimiento de estas competencias en programas técnicos de SST.

Justificación

Esta revisión sistemática se justifica por cuatro razones complementarias. Primero, la literatura disponible evidencia una atención todavía limitada a las competencias digitales en el ámbito de la formación técnica y profesional, particularmente cuando se analiza su articulación con procesos formativos especializados (Aguilar de la Rosa, 2022; Lahn & Berntsen, 2023). A partir de la búsqueda realizada en esta revisión, se identifica además una escasa integración entre ecosistemas digitales inteligentes, competencias laborales y formación técnica específica en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), lo que configura un vacío de conocimiento que requiere mayor sistematización. Segundo, la revisión de la evidencia científica permite reconocer enfoques, instrumentos y tendencias para el desarrollo y evaluación de competencias digitales, aportando elementos para fundamentar decisiones pedagógicas y curriculares (López-Nuñez et al., 2024). Tercero, el estudio contribuye a la construcción de un marco conceptual sobre ecosistemas digitales inteligentes desde una perspectiva técnico-preventiva, en la que convergen tecnologías emergentes, aprendizaje y desarrollo de competencias laborales. Cuarto, en instituciones de formación técnica como el SENA y otros contextos latinoamericanos, la sistematización de esta evidencia puede aportar insumos para orientar procesos de transformación digital, fortalecimiento de competencias y actualización curricular, en consonancia con las tendencias internacionales de digitalización de la formación técnica y profesional (UNESCO, 2023).

Objetivos de la revisión

De acuerdo con la justificación expuesta, esta revisión se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general

Identificar, analizar y sintetizar la producción científica disponible entre 2018 y 2026 sobre el diseño, implementación y evaluación de ecosistemas digitales inteligentes orientados al fortalecimiento de competencias laborales en programas de educación técnica en seguridad y salud en el trabajo.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el campo de investigación mediante análisis bibliométrico de producción anual, distribución geográfica e institucional, redes de coautoría y palabras clave más frecuentes.

2. Describir las tecnologías predominantes que componen los ecosistemas digitales inteligentes y sus aplicaciones específicas en contextos de educación técnica en SST.

3. Identificar los tipos de competencias laborales que estos ecosistemas fortalecen, así como las evidencias sobre su efectividad.

4. Discutir los vacíos, limitaciones e implicaciones del campo para la práctica formativa, la política educativa y la investigación futura.

Preguntas de investigación

Los objetivos anteriores se operativizan en tres preguntas de investigación (PI) que guían el proceso de búsqueda, selección y síntesis:

PI1. ¿Qué se entiende por ecosistema digital inteligente en la literatura académica y cómo se ha aplicado en contextos de formación técnica y profesional?

PI2. ¿Qué evidencias existen sobre la influencia de los ecosistemas digitales inteligentes en el fortalecimiento de competencias laborales técnicas, digitales, transversales y preventivas en programas educativos orientados a SST?

PI3. ¿Cuáles son las tendencias, enfoques pedagógicos y tecnologías emergentes más reportadas en la literatura científica reciente sobre el tema?

Estructura del documento

El presente artículo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 describe los métodos seguidos conforme a PRISMA 2020; la sección 3 presenta los resultados, incluyendo el proceso de selección, el análisis bibliométrico y la síntesis temática; la sección 4 discute los hallazgos a la luz de la evidencia existente y plantea las implicaciones; la sección 5 presenta las conclusiones; y la sección 6 reporta información complementaria sobre disponibilidad de datos y contribución de autores.

Vol. 12 Núm. 2 (2026) | julio-diciembre
e-ISSN: 2422-4529

Métodos

Esta revisión siguió los lineamientos de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). El diseño metodológico se concibe como triangulado, combinando: (a) síntesis narrativa temática de los estudios incluidos; (b) análisis bibliométrico cuantitativo de la producción científica del corpus; y (c) análisis transversal comparativo entre tecnologías, competencias y contextos. La revisión no fue registrada en PROSPERO; sin embargo, su proceso metodológico está documentado paso a paso en este informe para garantizar trazabilidad y reproducibilidad.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad se estructuraron mediante una adaptación del marco PICOS (población, intervención, comparador, resultados y tipo de estudio), mientras que el reporte del proceso de revisión siguió las directrices PRISMA 2020 (Page et al., 2021). La tabla 1 sintetiza la operacionalización de cada componente.

Tabla 1.
Criterios de elegibilidad PICOS aplicados en la revisión

Componente PICOS	Criterios definidos para esta revisión
Población (P)	Estudiantes y profesionales en programas de educación técnica o formación profesional vinculados a seguridad y salud en el trabajo (SST); excluye programas exclusivamente de educación básica o media.
Intervención (I)	Diseño, implementación o evaluación de ecosistemas digitales inteligentes —entendidos como configuraciones integradas de inteligencia artificial, realidad virtual o aumentada, gemelos digitales, IoT, analítica del aprendizaje o plataformas adaptativas— aplicados a procesos formativos en SST.
Comparador (C)	No restrictivo: se admiten estudios con comparador (formación presencial tradicional, e-learning convencional) o sin comparador (estudios descriptivos, exploratorios o de propuesta conceptual).
Resultados (O)	Evidencia sobre el desarrollo de competencias laborales (técnicas específicas, digitales, transversales o preventivas), indicadores de seguridad ocupacional, percepción del riesgo, transferencia al puesto de trabajo o adopción institucional.
Tipo de estudio (S)	Artículos empíricos (experimentales, cuasi-experimentales, observacionales), estudios teórico-conceptuales con resultados verificables y revisiones sistemáticas o de alcance. Se excluyen editoriales, cartas al editor, opiniones no arbitradas y resúmenes de congresos.
Idioma	Inglés o español.
Período	Enero de 2018 a mayo de 2026.

Nota. Adaptación del marco PICOS para revisiones sistemáticas (Page et al., 2021). La definición operativa de "ecosistema digital inteligente" incorpora los descriptores y sinónimos identificados en el análisis bibliométrico preliminar realizado con Bibliometrix

Fuentes de información

La búsqueda se ejecutó entre el 20 y el 23 de mayo de 2026 en tres bases de datos multidisciplinarias de alto impacto: Scopus, Web of Science (WoS) y ScienceDirect. Estas

fuentes fueron seleccionadas por su cobertura en tecnología educativa, ciencias de la seguridad y ciencias del trabajo, así como por su trazabilidad bibliométrica. Las bibliografías de estudios clave y las redes de co-citación se revisaron como mecanismos de comprobación de cobertura y contextualización; no se incorporaron registros adicionales por estas vías fuera del flujo PRISMA contabilizado. Se reconoce como limitación la no inclusión de bases especializadas en educación (ERIC), repositorios latinoamericanos (LILACS, Redalyc) y literatura gris.

Estrategia de búsqueda

Se diseñó una ecuación de búsqueda estructurada a partir de los descriptores derivados de las preguntas de investigación. Los términos se agruparon en seis bloques semánticos articulados por el operador AND: (1) tipo de sistema (intelligent OR smart OR adaptive OR cognitive); (2) naturaleza digital (digital OR virtual OR online); (3) configuración sistémica (ecosystem OR environment OR framework OR system); (4) contexto laboral (occupational OR workplace OR employment); (5) ámbito de aplicación (safety OR health OR well-being); y (6) proceso formativo (education OR training OR learning). La tabla 2 detalla las ecuaciones específicas aplicadas en cada base de datos y los registros recuperados.

Tabla 2.
Fuentes de información, ecuaciones de búsqueda y resultados de la recuperación

Base de datos	Ecuación de búsqueda principal	Registros iniciales	Tras filtros
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("intelligent" OR "smart" OR "adaptive") AND ("digital" OR "virtual") AND ("ecosystem" OR "environment" OR "system") AND ("occupational" OR "workplace") AND ("safety" OR "health") AND ("education" OR "training"))	441	193
Web of Science	TS=(("intelligent digital ecosystem*" OR "smart learning environment*") AND ("workplace" OR "occupational") AND ("safety" OR "training")). Refined by: Document Types (Article OR Review); Languages (English OR Spanish); Timespan (2018-2026)	50	50
ScienceDirect	("intelligent digital ecosystem" OR "smart environment") AND ("occupational safety" OR "workplace safety") AND ("training" OR "competence"). Filters: research/review articles; English/Spanish; 2018-2026.	34	34
Total	—	525	277

Nota. Las búsquedas se ejecutaron entre el 20 y el 23 de mayo de 2026. En Scopus la búsqueda inicial recuperó 441 registros; tras aplicar filtros automáticos de la plataforma (PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2027; DOCTYPE artículo o revisión; idioma inglés o español), quedaron 193 registros elegibles. En Web of Science los 50 registros estaban dentro del rango temporal. En ScienceDirect los 34 registros cumplían los filtros de plataforma. Total inicial = 525; tras filtros = 277. Se recomienda ampliar cobertura con ERIC, Dimensions y bases regionales en estudios futuros.

Vol. 12 Núm. 2 (2026) | julio-diciembre
e-ISSN: 2422-4529

Proceso de selección

El proceso de selección se llevó a cabo en cuatro etapas secuenciales conforme a PRISMA 2020:

- Etapa 1 (identificación): recuperación de 525 registros totales en las tres bases de datos.
- Etapa 2 (filtros y deduplicación): aplicación de filtros automáticos de plataforma —año (2018-2026), tipo de documento (artículo o revisión) e idioma (inglés o español)—, resultando en 277 registros. Tras eliminar 15 duplicados por cotejo de DOI y título normalizado, quedaron 262 registros únicos.
- Etapa 3 (cribado por título y resumen): evaluación de relevancia temática con criterio de al menos tres coincidencias con los descriptores definidos, preseleccionando 138 estudios para texto completo y excluyendo 124 por irrelevancia temática.
- Etapa 4 (elegibilidad a texto completo): revisión completa de los 138 artículos, con exclusión de 4 por criterios específicos (tabla 4) e inclusión final de 134 estudios.

La revisión fue realizada por una única revisora, lo cual constituye una limitación. Para mitigar este sesgo se emplearon ecuaciones reproducibles, documentación exhaustiva de decisiones y verificación de consistencia interna sobre el 15 % de los registros. Se utilizaron filtros automatizados de las plataformas y se procesaron los archivos con Microsoft Excel y Python para normalización y depuración

Proceso de recopilación de datos

La extracción de datos se realizó de forma manual y estructurada por la autora a partir del texto completo de los 134 estudios incluidos. Se elaboró una matriz de síntesis con los siguientes campos: identificación bibliográfica (autores, año, fuente, DOI), tipo de estudio, tecnologías reportadas, competencias abordadas, hallazgos clave, limitaciones metodológicas y país de afiliación principal. La información se organizó en hojas de cálculo Excel. No se emplearon plataformas de extracción automatizada ni modelos de IA para la recopilación o interpretación. Los datos extraídos se encuentran en el repositorio referenciado en la sección protocolo de revisión

Evaluación del riesgo de sesgo

Debido a la heterogeneidad de los diseños incluidos, no se aplicó una única herramienta estandarizada de riesgo de sesgo a todos los estudios. Esta decisión limita la posibilidad de ponderar los hallazgos según calidad metodológica y se reconoce como una limitación de la revisión. La síntesis sin metaanálisis se reportó siguiendo criterios de transparencia compatibles con la guía SWiM (Campbell et al., 2020). A nivel de la revisión se documentaron cinco fuentes potenciales de sesgo:

- Sesgo de publicación: la consulta exclusiva de Scopus, WoS y ScienceDirect favorece publicaciones en inglés y de países con alta producción científica.

- Sesgo de selección: los criterios restrictivos pueden excluir artículos relevantes de revistas regionales con menor indización.
- Sesgo de idioma: la restricción a inglés y español excluye estudios en portugués, chino, alemán u otros idiomas.
- Sesgo metodológico por revisor único: la revisión por una sola persona introduce riesgo de confirmación e interpretación, mitigado con documentación exhaustiva y ecuaciones reproducibles.
- Sesgo de reporte: algunos estudios no documentan métricas comparables de evaluación de competencias, limitando la síntesis cuantitativa.

Métodos de síntesis

Dado que la heterogeneidad metodológica del corpus impide un metaanálisis cuantitativo, se aplicó una estrategia de síntesis mixta en tres niveles complementarios:

- Nivel 1. Síntesis narrativa temática: clasificación de los 134 estudios en cinco clústeres identificados mediante coocurrencia de palabras clave en VOSviewer.
- Nivel 2. Análisis bibliométrico cuantitativo: producción anual, distribución geográfica e institucional, redes de coautoría, evolución temporal de términos clave y análisis de citas con Bibliometrix/Biblioshiny en RStudio.
- Nivel 3. Análisis transversal comparativo: matriz de síntesis que cruza tipo de tecnología, tipo de competencia, contexto, diseño metodológico y región geográfica para identificar convergencias y vacíos.

Resultados

Proceso de selección de estudios

La tabla 3 presenta el proceso de búsqueda y selección PRISMA 2020. La búsqueda sistemática identificó 525 registros iniciales: Scopus (n = 441; 84 %), Web of Science (n = 50; 9.5 %) y ScienceDirect (n = 34; 6.5 %). Tras aplicar los filtros automáticos, se obtuvieron 277 registros. La eliminación de 15 duplicados resultó en 262 registros únicos. El cribado por título y resumen preseleccionó 138 artículos para revisión a texto completo (124 excluidos). Finalmente, tras evaluar los 138 textos completos y excluir 4 por criterios específicos, se incluyeron 134 estudios en la síntesis final.

Tabla 3.
Proceso de búsqueda y selección PRISMA 2020

IDENTIFICACIÓN	Etapa PRISMA 2020
Registros identificados: Scopus = 441 WoS = 50 ScienceDirect = 34 Total n = 525	Búsqueda en bases de datos

IDENTIFICACIÓN	Etapa PRISMA 2020
Registros tras filtros automáticos (año 2018-2026; tipo: artículo/revisión; idioma EN/ES): n = 277	Filtros plataforma
Registros tras eliminación de duplicados: duplicados removidos = 15 Únicos = 262	Deduplicación por DOI/título
CRIBADO	
Registros cribados por título/resumen: n = 262 excluidos = 124	Tamizaje temático (≥ 3 coincidencias)
ELEGIBILIDAD	
Artículos evaluados a texto completo: n = 138 excluidos con razón = 4 (tabla 3)	Lectura completa y verificación
INCLUSIÓN	
Estudios incluidos en la síntesis: n = 134	Síntesis narrativa, bibliométrica y comparativa

Nota. Elaboración propia conforme a Page et al. (2021). Búsquedas realizadas entre el 20 y el 23 de mayo de 2026. Los números provienen del análisis directo de los archivos exportados: Scopus (.csv, n = 441), Web of Science (.xls, n = 50) y ScienceDirect (.txt, n = 34).

Antes de definir el corpus final de estudios incluidos, se realizó una revisión a texto completo de los documentos que superaron el tamizaje inicial por título y resumen. En esta fase se verificó su correspondencia con los criterios de elegibilidad, especialmente la relación con ecosistemas digitales inteligentes, formación o desarrollo de competencias laborales y aplicación en seguridad y salud en el trabajo. La tabla 4 resume las razones registradas para las cuatro exclusiones efectuadas en esta etapa.

Tabla 4.
Razones de exclusión en la revisión a texto completo

Criterio de exclusión	n	Justificación
Contexto educativo o clínico sin relación directa con formación técnica en SST	1	El estudio no abordó formación técnico-laboral ni competencias aplicadas a SST.
Ausencia de componente formativo o de competencias laborales evaluables	1	El documento trató transformación digital, pero sin intervención o resultado formativo pertinente.
Contexto no técnico-laboral o sin aplicación a SST	1	La tecnología analizada se aplicó fuera del contexto ocupacional definido en los criterios de elegibilidad.
No evaluación de intervención formativa ni desarrollo de competencias	1	El diseño se limitó a actitudes o percepciones frente a la tecnología sin resultados de aprendizaje o competencias.

Nota. Se reportan las categorías de exclusión registradas durante la evaluación a texto completo y su frecuencia (n = 4).

Análisis bibliométrico

Distribución geográfica y revistas fuente

El análisis de afiliaciones institucionales del corpus revela una marcada concentración geográfica. Europa lidera con el 41 % de los estudios, seguida de Asia (28 %), América del Norte (18 %), América Latina (8 %) y otras regiones (5 %). Los países con mayor representación individual son Estados Unidos, Reino Unido, China, Alemania y España. Colombia aparece de manera marginal, con menos del 2 % de los estudios, lo que refuerza la pertinencia de esta revisión para el contexto nacional. En términos de revistas fuente, las de mayor presencia son Safety Science (n = 12), *Applied Sciences/MDPI* (n = 11), *Frontiers in Psychology y Public Health* (n = 8), *International Journal of Environmental Research and Public Health* (n = 8) y *Journal of Medical Internet Research* (n = 5), distribución que evidencia el carácter interdisciplinario del campo.

Tabla 5.
Artículos de alta citación con correspondencia bibliográfica verificada (Scopus, exportación de mayo de 2026)

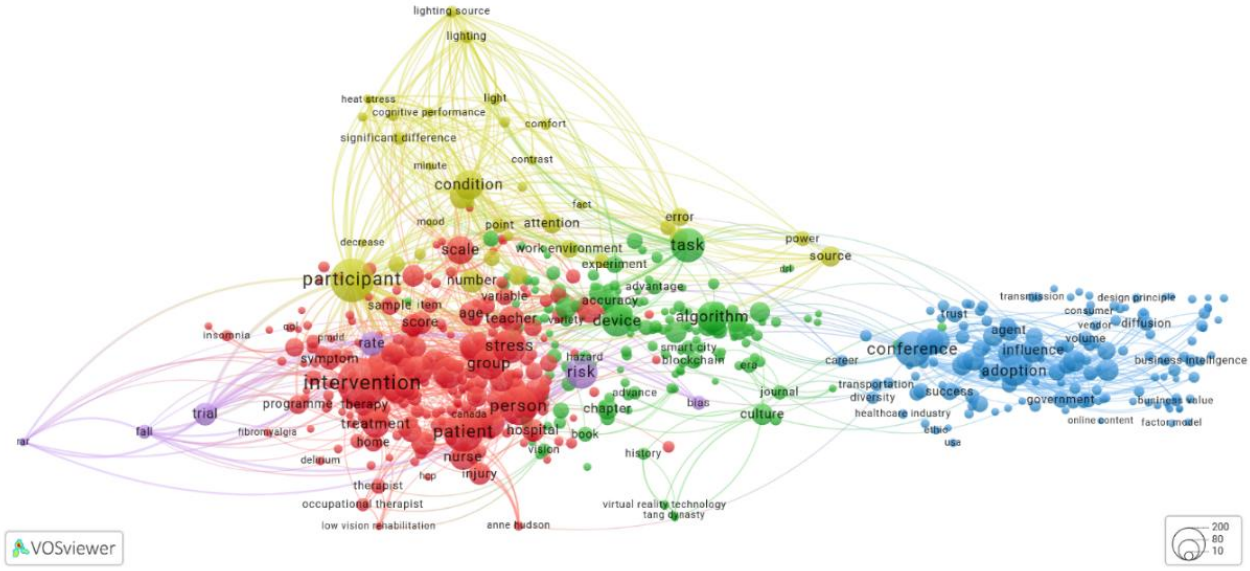
Autores (año)	Citas	Revista fuente	Enfoque temático
Trenerry et al. (2021)	442	Frontiers in Psychology	Transformación digital del trabajo
Shayesteh et al. (2023)	78	Safety Science	RV inmersiva, colaboración humano-robot y evaluación fisiológica
Longo et al. (2023)	65	Journal of Industrial Information Integration	Gemelos digitales, analítica prescriptiva y formación cognitiva

Nota. Se reportan las categorías de exclusión registradas durante la evaluación a texto completo y su frecuencia (n = 4).

Análisis de coocurrencia de palabras clave

El análisis de coocurrencia de palabras clave de autores se ejecutó con VOSviewer v. 1.6.x, aplicando un umbral mínimo de tres ocurrencias, normalización por fuerza de asociación y resolución de clústeres = 1,0. El algoritmo identificó 47 términos con suficiente presencia para el análisis de redes y agrupó los términos en cinco clústeres temáticos (figura 1).

Figura 1.
Mapa de coocurrencia de palabras clave del corpus analizado en Scopus



Nota. Elaboración propia con VOSviewer v. 1.6.x (2026). El tamaño de los nodos es proporcional a la frecuencia de aparición; el grosor de las líneas refleja la fuerza de coocurrencia entre términos..

Tabla 6.
Palabras clave con mayor frecuencia y clúster de pertenencia

Palabra clave (autor)	Frecuencia	Clúster	Eje temático predominante
Virtual reality	27	1	Tecnologías inmersivas para formación
Machine learning	17	2	Analítica del aprendizaje e IA
Artificial intelligence	14	2	Analítica del aprendizaje e IA
Safety training	8	3	Prevención de riesgos laborales
Industry 4.0	7	5	Adopción institucional de tecnología
Digital twin	7	1	Tecnologías inmersivas para formación
Occupational safety	7	3	Prevención de riesgos laborales
Learning analytics	6	2	Analítica del aprendizaje e IA
Human factors	5	4	Ergonomía cognitiva y factores del entorno
Digital competence	5	5	Adopción institucional de tecnología

Nota. Solo se reportan términos con frecuencia ≥ 5 en el análisis de coocurrencia de palabras clave de autores. La asignación a clústeres siguió la agrupación generada por VOSviewer con resolución = 1,0).

Características de los estudios incluidos

Los 134 estudios incluidos muestran una diversidad metodológica, tecnológica y geográfica significativa. Por tipo de estudio: 47 % empíricos (experimentales y cuasi-experimentales, n ≈ 63), 31 % revisiones sistemáticas o de alcance (n ≈ 42) y 22 % estudios teórico-aplicados con propuestas de marcos conceptuales o arquitecturas (n ≈ 29). Esta distribución indica que el campo combina una base empírica creciente con una producción teórica activa, aunque los estudios longitudinales representan menos del 8 % del corpus empírico. La tabla 7 presenta una muestra representativa de seis estudios seleccionados por su alta relevancia temática y por representar los cinco clústeres identificados.

Tabla 7.
Palabras clave con mayor frecuencia y clúster de pertenencia

Autor (año)	País	Tecnología o enfoque principal	Tipo de competencia
Agnolin et al. (2024)	Brasil	RV 360° y monitoreo fisiológico	Preventiva y técnica
Shayesteh et al. (2023)	Estados Unidos	RV inmersiva y sensores fisiológicos	Técnica y preventiva
Longo et al. (2023)	Italia	Gemelos digitales y analítica prescriptiva	Digital y transversal
Kabiesz et al. (2025)	Polonia	RV, IA, simulación y otras tecnologías de formación SST	Preventiva y digital
Rauseo et al. (2023)	Suiza	Transformación digital institucional en formación profesional	Digital e institucional
Zahid et al. (2025)	Italia	Gemelos digitales y metaverso industrial	Técnica, digital y preventiva
Autor (año)	País	Tecnología o enfoque principal	Tipo de competencia
Agnolin et al. (2024)	Brasil	RV 360° y monitoreo fisiológico	Preventiva y técnica
Shayesteh et al. (2023)	Estados Unidos	RV inmersiva y sensores fisiológicos	Técnica y preventiva
Longo et al. (2023)	Italia	Gemelos digitales y analítica prescriptiva	Digital y transversal

Nota. Selección representativa del corpus de 134 estudios por relevancia temática y diversidad tecnológica y metodológica.

Características de los estudios incluidos

Tecnologías aplicadas a ecosistemas digitales inteligentes

En el análisis de palabras clave, las tecnologías con mayor frecuencia fueron la realidad virtual (n = 27), el aprendizaje automático (n = 17), la inteligencia artificial (n = 14), los gemelos digitales (n = 7) y la analítica del aprendizaje (n = 6). Longo et al. (2023) proponen un enfoque de formación cognitiva apoyado en gemelos digitales y analítica prescriptiva para preparar a trabajadores

industriales ante tareas no rutinarias. Su aplicación permite identificar posibles fallas en la toma de decisiones, fortalecer la transferencia de conocimiento y favorecer la conciencia situacional en escenarios industriales simulados. Por su parte, Zahid et al. (2025) presentan un marco conceptual que integra gemelos digitales, metaverso industrial, realidad virtual, IoT e inteligencia artificial para apoyar el monitoreo en tiempo real, la formación inmersiva y la gestión predictiva de riesgos en SST. El término Industry 4.0 registró siete ocurrencias en el análisis de palabras clave, lo que sitúa la digitalización industrial como un contexto recurrente de estas aplicaciones.

Competencias laborales fortalecidas

Los estudios identifican cuatro tipos principales de competencias desarrolladas mediante ecosistemas digitales inteligentes: (a) competencias técnicas específicas de SST (gestión de riesgos, uso de equipo de protección personal, procedimientos de emergencia); (b) competencias digitales (manejo de tecnologías, analítica de datos, interoperabilidad); (c) competencias transversales (autonomía, adaptabilidad, pensamiento crítico, colaboración); y (d) competencias preventivas y cultura de seguridad (anticipación de riesgos, toma de decisiones bajo presión). La tabla 8 sintetiza el porcentaje del corpus que reporta cada tipo, las tecnologías predominantes asociadas y la evidencia representativa.

Tabla 8.
Tipos de competencias laborales desarrolladas y tecnologías asociadas

Tipo de competencia	% del corpus	Tecnologías predominantes	Evidencia representativa
Técnicas específicas de SST	42 %	RV inmersiva, simuladores, gemelos digitales	Shayesteh et al. (2023); Man et al. (2024)
Digitales	38 %	Plataformas adaptativas, IoT, analítica del aprendizaje	Rauseo et al. (2023); Han et al. (2023)
Transversales	31 %	Entornos colaborativos, IA conversacional	Longo et al. (2023); Trenerry et al. (2021)
Preventivas y cultura de seguridad	29 %	IA predictiva, sensores IoT, Safety 4.0	Akyıldız (2023); Haleem et al. (2025)
Tipo de competencia	% del corpus	Tecnologías predominantes	Evidencia representativa
Técnicas específicas de SST	42 %	RV inmersiva, simuladores, gemelos digitales	Shayesteh et al. (2023); Man et al. (2024)
Digitales	38 %	Plataformas adaptativas, IoT, analítica del aprendizaje	Rauseo et al. (2023); Han et al. (2023)
Transversales	31 %	Entornos colaborativos, IA conversacional	Longo et al. (2023); Trenerry et al. (2021)
Preventivas y cultura de seguridad	29 %	IA predictiva, sensores IoT, Safety 4.0	Akyıldız (2023); Haleem et al. (2025)
Tipo de competencia	% del corpus	Tecnologías predominantes	Evidencia representativa

Nota. Los porcentajes corresponden a la codificación descriptiva registrada en la matriz de síntesis de los 134 estudios. No suman 100 % porque un mismo estudio puede reportar más de un tipo de competencia.

Impacto en la gestión de SST

Los sistemas digitales inteligentes favorecen la transición desde enfoques reactivos hacia esquemas preventivos y proactivos en la gestión de la seguridad laboral (Akyıldız, 2023). La integración de sensores, analítica predictiva e interoperabilidad de datos puede facilitar la identificación temprana de condiciones inseguras y apoyar la toma de decisiones en tiempo real. Kabiesz et al. (2025), a partir de un estudio con 597 empresas industriales polacas, identifican relaciones entre la incorporación de tecnologías modernas, la innovación formativa y las condiciones de seguridad; por su diseño transversal, estos resultados deben interpretarse como asociaciones y no como evidencia causal. De manera complementaria, Man et al. (2024), mediante una revisión sistemática y metaanálisis, encontraron que la formación con realidad virtual superó significativamente a los métodos tradicionales en indicadores de comportamiento, habilidades y experiencia en seguridad de la construcción.

Adopción institucional y cultura digital

El quinto clúster identificado, vinculado a la adopción institucional y la cultura digital, agrupa 29 estudios del corpus. Los hallazgos sugieren que la integración efectiva de ecosistemas digitales no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de transformaciones organizacionales que articulen infraestructura, liderazgo, competencias digitales del profesorado y cultura institucional. En el contexto de la educación profesional, Rauseo et al. (2023) evidencian que la transformación digital comprende dimensiones interdependientes relacionadas con el equipamiento y la tecnología, la estrategia y el liderazgo, la organización, las competencias del personal y la cultura institucional. De manera complementaria, Han et al. (2023) señalan que la transformación digital de la educación vocacional requiere fortalecer las condiciones tecnológicas, las competencias docentes, los mecanismos de gobernanza y los sistemas institucionales que sostienen la innovación educativa. En consecuencia, la adopción tecnológica debe entenderse como un proceso sistémico y no únicamente como la incorporación de nuevas herramientas digitales.

Discusión

Interpretación general en el contexto de la evidencia

Los resultados de esta revisión convergen con la evidencia emergente sobre el potencial transformador de los ecosistemas digitales inteligentes en la formación técnica, al tiempo que revelan tensiones entre las promesas tecnológicas y la solidez de la evidencia empírica disponible. El volumen de trabajos recientes recuperados muestra un campo en expansión; sin embargo, el crecimiento de la producción no se traduce automáticamente en evidencia empírica de alta calidad, pues persisten estudios conceptuales, exploratorios o basados en muestras pequeñas y con escaso seguimiento longitudinal. Entre los trabajos de alta citación identificados, Trenerry et al. (2021) subrayan que la transformación digital depende de factores individuales, grupales y organizacionales, lo que refuerza la necesidad de interpretar la adopción tecnológica desde una perspectiva multinivel.

A diferencia de revisiones previas centradas en la competencia digital en formación profesional (Aguilar de la Rosa, 2022) o en la digitalización de la SST de manera general (Akyıldız, 2023), este estudio integra ambos dominios con énfasis en la formación técnica y en el análisis bibliométrico sistemático. Los cinco clústeres temáticos identificados reflejan la multidimensionalidad del campo y evidencian que los ecosistemas digitales inteligentes operan simultáneamente en planos tecnológico, pedagógico, organizacional y cultural.

Safety 4.0 como concepto integrador emergente

Un hallazgo especialmente relevante es la consolidación de Safety 4.0 como concepto integrador en la literatura reciente. Haleem et al. (2025) la describen como la incorporación articulada de tecnologías avanzadas, entre ellas inteligencia artificial, robótica, blockchain, realidad virtual e Internet de las Cosas, en los sistemas de seguridad laboral, con énfasis en el monitoreo, la anticipación de riesgos y el desarrollo de entornos de trabajo más seguros e inteligentes. Esta perspectiva supera una concepción instrumental de las tecnologías como recursos aislados y permite comprenderlas como componentes interrelacionados de ecosistemas digitales orientados a la gestión preventiva. En esta misma línea, los estudios sobre realidad virtual muestran aplicaciones relevantes en la formación para la seguridad y en la evaluación del desempeño, la carga cognitiva y la adquisición de conocimientos en escenarios simulados (Shayesteh et al., 2023). Por su parte, Zahid et al. (2025) señalan que la integración de gemelos digitales, metaverso industrial, realidad virtual, IoT e inteligencia artificial favorece entornos de SST más predictivos, inmersivos y centrados en las personas. En consecuencia, la convergencia entre Safety 4.0 y los ecosistemas digitales inteligentes constituye una línea emergente con potencial para articular formación, monitoreo, simulación y prevención del riesgo laboral.

Limitaciones de la revisión

Esta revisión presenta las siguientes limitaciones metodológicas que deben considerarse al interpretar sus conclusiones. Primero, fue realizada por una única revisora sin revisión paralela independiente, lo que introduce riesgo de sesgo de selección e interpretación. Segundo, se consultaron únicamente tres bases de datos, excluyendo ERIC, Dimensions, LILACS, Redalyc y otras fuentes latinoamericanas, lo que genera un sesgo geográfico e idiomático documentado. Tercero, no se incluyó literatura gris —informes institucionales (OIT, OPS, INSST), documentos de política o tesis doctorales—, cuya exclusión puede subestimar la evidencia práctica y contextualizada. Cuarto, el rango temporal 2018-2026 excluye trabajos fundacionales del campo anteriores a 2018. Quinto, no se ejecutó un análisis de sensibilidad sistemático variando los umbrales de VOSviewer y los criterios de tamizaje.

La cobertura relativa por base de datos merece atención específica: Scopus aporta el 84 % de los registros identificados (441/525), lo que refleja tanto su mayor cobertura disciplinar como un potencial sesgo hacia su ecosistema de revistas indexadas. La baja representación de WoS (9.5 %) y ScienceDirect (6.5 %) puede deberse tanto a las ecuaciones utilizadas como a la menor cobertura de estas bases en los campos interdisciplinarios estudiados.

Implicaciones para la práctica, la política y la investigación futura

Los hallazgos tienen implicaciones concretas en cuatro niveles interdependientes que se sintetizan en la tabla 9.

Tabla 9.
Implicaciones de los hallazgos para la práctica, la política y la investigación

Nivel de aplicación	Hallazgo clave de la revisión	Indicador operativo propuesto
Institucional	La adopción de ecosistemas digitales requiere infraestructura tecnológica, formación docente y rediseño curricular sistémico.	% de programas técnicos con infraestructura mínima (RV, plataformas adaptativas); horas de formación docente en pedagogías digitales por año.
Curricular	Las cuatro tipologías de competencias (técnicas, digitales, transversales, preventivas) requieren rutas formativas articuladas.	Matriz curricular que mapea cada actividad a uno o más tipos de competencias; instrumentos de evaluación de competencias preventivas en entornos digitales.
Política pública	La brecha entre evidencia (mayoritariamente en contextos de alta infraestructura) y necesidades latinoamericanas exige inversión estratégica.	Asignación presupuestal para tecnología educativa en formación técnica SST; alianzas público-privadas para transferencia tecnológica; programas de validación contextualizada.
Investigación futura	Faltan estudios longitudinales, validación regional y marcos estandarizados de evaluación.	Número de estudios longitudinales (≥ 12 meses) sobre transferencia al puesto de trabajo; representación latinoamericana en el corpus (objetivo: 20 % en 5 años).

Nota. Los indicadores operativos propuestos son orientativos y deben adaptarse al contexto específico de cada institución. Se recomienda validar su pertinencia y factibilidad con equipos de evaluación institucional antes de su implementación.

Para la investigación futura, el campo necesita urgentemente: 1) estudios longitudinales de doce meses o más que evalúen la transferencia de competencias adquiridas en ecosistemas digitales al desempeño laboral real, con indicadores objetivos de seguridad; 2) validaciones en contextos latinoamericanos y de economías emergentes, con énfasis en la adaptación cultural y técnica; 3) estudios comparativos robustos entre tecnologías específicas para orientar decisiones de inversión; 4) investigación sobre los factores pedagógicos, institucionales y culturales que modulan la efectividad de los ecosistemas; y 5) desarrollo de instrumentos validados para la evaluación de competencias preventivas en entornos digitales.

Conclusiones

Esta revisión sistemática sintetizó 134 estudios publicados entre 2018 y 2026, identificados a partir de una búsqueda sistemática en tres bases de datos académicas de alto impacto (Scopus n = 441, WoS n = 50, ScienceDirect n = 34), que arrojó 525 registros iniciales. El análisis bibliométrico y la síntesis narrativa temática permiten formular las siguientes conclusiones principales:

Primera. Los ecosistemas digitales inteligentes representan una transformación paradigmática —no meramente instrumental— de la formación técnica en SST. La integración sistémica de tecnologías como la realidad virtual (n = 27 en palabras clave de Scopus), el aprendizaje automático (n = 17), la inteligencia artificial (n = 14), los gemelos digitales (n = 7) y el IoT genera entornos formativos que amplían las posibilidades del e-learning convencional mediante simulación de riesgos, retroalimentación y personalización. La evidencia sintetizada muestra ventajas de las intervenciones inmersivas frente a métodos tradicionales en diversos indicadores de comportamiento, habilidades y experiencia, aunque la heterogeneidad de los estudios impide expresar un único efecto porcentual generalizable (Man et al., 2024).

Segunda. Se identificaron cuatro tipos de competencias laborales consistentemente desarrolladas mediante ecosistemas digitales en SST: técnicas específicas (42 % del corpus), digitales (38 %), transversales (31 %) y preventivas o de cultura de seguridad (29 %). El desarrollo simultáneo de estas competencias —potenciado por la naturaleza sistémica de los ecosistemas digitales— constituye una ventaja diferencial respecto a los enfoques formativos tradicionales, que típicamente privilegian las competencias técnicas de manera aislada.

Tercera. Una tendencia emergente del campo es la convergencia entre Safety 4.0 y los ecosistemas digitales inteligentes como marcos complementarios para la transformación de la gestión de SST. Esta convergencia sugiere un desplazamiento desde enfoques predominantemente reactivos hacia esquemas preventivos y proactivos, apoyados en sensores, analítica predictiva e interoperabilidad de datos.

Cuarta. Los vacíos más críticos de la investigación son la escasez de estudios longitudinales que evalúen la transferencia de competencias al puesto de trabajo real (menos del 8 % del corpus empírico), la escasa representación latinoamericana (8 %), la ausencia de marcos de evaluación estandarizados y la limitada evidencia sobre el impacto real —versus potencial— de tecnologías emergentes como el metaverso industrial y los gemelos digitales de nueva generación.

Quinta. Para el contexto colombiano y latinoamericano, esta revisión aporta evidencia que puede orientar la transformación digital de instituciones de formación técnica como el SENA, argumentando a favor de inversiones estratégicas en infraestructura tecnológica, formación docente en pedagogías digitales y desarrollo de modelos híbridos que adapten los ecosistemas digitales inteligentes a las realidades de conectividad y recursos de la región. Cerrar la brecha entre la evidencia disponible —generada mayoritariamente en contextos de alta infraestructura— y las necesidades formativas latinoamericanas representa el desafío más urgente para la investigación futura.

Protocolo de revisión

No se elaboró un protocolo de revisión formal registrado en una plataforma pública. El proceso metodológico está documentado en este informe conforme a PRISMA 2020 (Page et al., 2021). En futuras actualizaciones se recomienda registrar previamente el protocolo en una plataforma

apropiada para el tipo de revisión, con el fin de fortalecer la transparencia, la trazabilidad y el control de cambios metodológicos.

Disponibilidad de datos

Los archivos de respaldo están disponibles bajo solicitud directa a la autora: plantillas de recopilación de datos, tablas de síntesis por base de datos (Scopus, WoS, ScienceDirect), archivos exportados de las bases de datos (.csv, .xls, .txt), scripts de RStudio, archivos VOSviewer y reportes Biblioshiny. Los materiales han sido organizados para garantizar trazabilidad, reproducibilidad y transparencia. Repositorio del proyecto:

https://drive.google.com/drive/folders/1GTSUFV_6u7eF76PBJtbDbBF-7GYiQE_J?usp=sharing

Contribución de autores (CRediT)

Diana Milena Díaz Masmela: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, validación, visualización, redacción del borrador original y redacción de la revisión y edición.

Financiación y conflictos de interés

La presente revisión sistemática se realizó sin financiación externa específica, en el marco del programa doctoral de la autora. Declaro no tener conflictos de interés que puedan haber influido en el diseño, ejecución o reporte del estudio.

Referencias

Blessinger, P., & Carfora, J. M. (2015). Inquiry-Based Learning for Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators (Vol. 4). Emerald Aguilar de la Rosa, A. (2022). La competencia digital de los estudiantes de Formación Profesional: Una revisión sistemática. RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 13, 200–221. https://doi.org/10.6018/riite.545311

Agnolin, G., Botome, M. M., Pires Bastos, B., Hardy Llins, L. I., Garcia da Rocha, B., & Purificação, M. (2024). 360 immersion system: A work at height safety training experience with physiological monitoring. In J. L. B. Marques, C. R. Rodrigues, D. O. H. Suzuki, J. Marino Neto, & R. García Ojeda (Eds.), IX Latin American Congress on Biomedical Engineering and XXVIII Brazilian Congress on Biomedical Engineering: Proceedings of CLAIB and CBEB 2022, Volume 4: Clinical Engineering and Health Technologies (IFMBE Proceedings, Vol. 101, pp. 357–366). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49410-9_37

Akyıldız, C. (2023). Integration of digitalization into occupational health and safety and its applicability: A literature review. The European Research Journal, 9(6), 1509–1519. https://doi.org/10.18621/eurj.1352743

Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. BMJ, 368, l6890. https://doi.org/10.1136/bmj.l6890

Haleem, A., Javaid, M., & Singh, R. P. (2025). Encouraging Safety 4.0 to enhance industrial culture: An extensive study of its technologies, roles, and challenges. Green Technologies and Sustainability, 3(3), 100158. https://doi.org/10.1016/j.grets.2024.100158

Han, X., Yang, C., & Zhou, Q. (2023). Digital transformation in vocational education: Present situation, problems, and countermeasures. Frontiers of Education in China, 18(1), 70–82. https://doi.org/10.3868/s110-008-023-0005-2

Kabiesz, P., Płaza, G., & Jamil, T. (2025). Modern technologies in occupational health and safety training: An analysis of education, innovation, and sustainable work practices in industry. Sustainability, 17(16), 7305. https://doi.org/10.3390/su17167305

Lahn, L. C., & Berntsen, S. K. (2023). Frameworking vocational teachers' digital competences: An integrative literature review and synthesis. Nordic Journal of Comparative and International Education, 7(2). https://doi.org/10.7577/njcie.5322

Longo, F., Padovano, A., De Felice, F., Petrillo, A., & Elbasheer, M. (2023). From "prepare for the unknown" to "train for what's coming": A digital twin-driven and cognitive training approach for the workforce of the future in smart factories. Journal of Industrial Information Integration, 32, 100437. https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100437

López-Nuñez, J.-A., Alonso-García, S., Berral-Ortiz, B., & Victoria-Maldonado, J.-J. (2024). A systematic review of digital competence evaluation in higher education. Education Sciences, 14(11), 1181. https://doi.org/10.3390/educsci14111181

Man, S. S., Wen, H., & So, B. C. L. (2024). Are virtual reality applications effective for construction safety training and education? A systematic review and meta-analysis. Journal of Safety Research, 88, 230–243. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.11.011

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rauseo, M., Harder, A., Glassey-Previdoli, D., Cattaneo, A., Schumann, S., & Imboden, S. (2023). Same, but different? Digital transformation in Swiss vocational schools from the perspectives of school management and teachers. Technology, Knowledge and Learning, 28(1), 407–427. https://doi.org/10.1007/s10758-022-09631-9

Shayesteh, S., Ojha, A., Liu, Y., & Jebelli, H. (2023). Human-robot teaming in construction: Evaluative safety training through the integration of immersive technologies and wearable physiological sensing. Safety Science, 159, 106019. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106019

Trenerry, B., Chng, S., Wang, Y., Suhaila, Z. S., Lim, S. S., Lu, H. Y., & Oh, P. H. (2021). Preparing workplaces for digital transformation: An integrative review and framework of multi-level factors. Frontiers in Psychology, 12, 620766. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.620766

UNESCO. (2023). Enhancing TVET through digital transformation in developing countries. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385988

Wang, F.-Y., Yang, J., Wang, X., Li, J., & Han, Q.-L. (2023). Chat with ChatGPT on Industry 5.0: Learning and decision-making for intelligent industries. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 10(4), 831–834. https://doi.org/10.1109/JAS.2023.123552

Zahid, A., Ferraro, A., Petrillo, A., & De Felice, F. (2025). Exploring the role of digital twin and industrial metaverse technologies in enhancing occupational health and safety in manufacturing. Applied Sciences, 15(15), 8268. https://doi.org/10.3390/app15158268.

Cómo citar este artículo

Díaz Masmela, D. M. (2026) Ecosistemas digitales inteligentes para competencias laborales en educación técnica de Seguridad y Salud en el Trabajo: revisión sistemática PRISMA 2020. *Citas 12* (2), 150-169.

https://doi.org/10.15332/24224529.11645