

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

EDUCACIÓN DISRUPTIVA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL: DESAFÍOS Y COMPETENCIAS PARA CARRERAS DE INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD DIGITAL

**DISRUPTIVE EDUCATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE:
CHALLENGES AND COMPETENCIES FOR ENGINEERING
PROGRAMS IN THE DIGITAL SOCIETY**

Wendy Daniel Martínez
Tolcayuca Hidalgo, México

Víctor Manuel Zamudio García
Tolcayuca Hidalgo, México

Andrea Genoveva Rojas Ponciano
Tolcayuca Hidalgo, México

Educación disruptiva con inteligencia artificial: desafíos y competencias para carreras de ingeniería en la sociedad digital

Wendy Daniel Martínez¹

wdaniel@upmh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4455-940X>

Tolcayuca Hidalgo, México

Víctor Manuel Zamudio García

vzamudio@upmh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4660-8025>

Tolcayuca Hidalgo, México

Andrea Genoveva Rojas Ponciano

arojas@upmh.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-9641-0377>

Tolcayuca Hidalgo, México

RESUMEN

Esta investigación, de diseño documental-aplicado, examinó el papel de la inteligencia artificial en la formación universitaria de ingeniería y propuso instrumentos operativos para su adopción responsable. La revisión estructurada en bases indexadas durante el periodo 2020–2025 permitió analizar evidencias sobre la personalización del aprendizaje, tutores inteligentes, analítica del aprendizaje, simulación y evaluación auténtica. A partir de los hallazgos se diseñó una matriz de competencias organizada en dimensiones cognitiva, técnica, comunicativa, ética y creativa, y se definieron lineamientos de gobernanza institucional centrados en explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua. Los resultados mostraron oportunidades para fortalecer el pensamiento crítico, la creatividad y el diseño centrado en lo humano, y revelaron riesgos asociados con sesgos, opacidad y deshumanización de la experiencia educativa. Las implicaciones prácticas incluyeron la actualización curricular, el desarrollo profesional docente y la definición de políticas claras para el uso de tecnologías inteligentes en el aula. La principal limitación derivó de la heterogeneidad metodológica y de la naturaleza cualitativa de las fuentes analizadas. Como trabajo futuro se recomendó validar la matriz con juicio de expertos y pilotar su implementación en asignaturas y proyectos integradores, recogiendo métricas de aprendizaje, aceptación y usabilidad.

Palabras clave: aprendizaje personalizado; tutores inteligentes; analítica del aprendizaje; competencias en ingeniería; ética de la inteligencia artificial.

¹ Autor principal

Correspondencia: wdaniel@upmh.edu.mx

Disruptive education with artificial intelligence: challenges and competencies for engineering programs in the digital society

ABSTRACT

This documentary-applied study examined the role of artificial intelligence in university engineering education and proposed operational instruments for its responsible adoption. A structured review of indexed databases for the period 2020–2025 enabled the analysis of evidence on personalization of learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, simulation, and authentic assessment. Based on the findings, a competency matrix was designed and organized into cognitive, technical, communicative, ethical, and creative dimensions, and institutional governance guidelines were defined with a focus on explainability, equity, privacy by design, and continuous improvement. The results showed opportunities to strengthen critical thinking, creativity, and human-centered design, and revealed risks associated with bias, opacity, and the dehumanization of the educational experience. Practical implications included curriculum renewal, faculty professional development, and the establishment of clear policies for the use of intelligent technologies in the classroom. The main limitation stemmed from methodological heterogeneity and the qualitative nature of the sources analyzed. Future work was recommended to validate the matrix through expert judgment and to pilot its implementation in courses and integrative projects, gathering metrics on learning, acceptance, and usability.

Keywords: personalized learning; intelligent tutoring systems; learning analytics; engineering competencies; AI ethics

*Artículo recibido 02 setiembre 2025
Aceptado para publicación: 29 setiembre 2025*



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) pasó de ser un campo de interés especializado a un factor transversal que reconfiguró prácticas de enseñanza y aprendizaje en la educación superior, con especial intensidad en las carreras de ingeniería. El debate ya no gira en torno a si integrarla, sino a cómo hacerlo con sentido formativo, criterios de equidad y resguardo de derechos. La literatura especializada ha mostrado avances en personalización del aprendizaje, retroalimentación automática, entornos adaptativos y simulación, junto con señales de mejora en el compromiso y el rendimiento cuando las intervenciones se diseñaron de forma pedagógicamente explícita (Luckin, Holmes, Griffiths, & Forcier, 2016; Holmes, Tuomi, & Sutherland, 2022). No obstante, estos beneficios no emergieron por la sola incorporación de herramientas, sino por su articulación con resultados de aprendizaje, tareas de desempeño y procesos de evaluación auténtica; sin esa coherencia, la Inteligencia Artificial se limitó a automatizar procedimientos sin transformar la experiencia educativa (Selwyn, 2019).

El avance técnico trajo consigo dilemas éticos y de gobernanza: sesgos algorítmicos, opacidad de modelos, trazabilidad del dato y protección de la privacidad. Distintos marcos proponen principios de buena práctica —explicabilidad, justicia, beneficencia, responsabilidad— aplicables al ecosistema universitario, pero su traducción a instrumentos operativos de aula continúa siendo irregular (Floridi et al., 2018). En ingeniería, este desafío es crítico porque los estudiantes no solo utilizan sistemas inteligentes, sino que progresivamente diseñan, integran y evalúan soluciones en contextos reales, lo que exige criterios de decisión técnica y ética más finos; en ALC, la evidencia reciente sistematizó usos y brechas de adopción de IA en educación superior, con énfasis en aprendizaje, docencia y gestión (Salas-Pilco & Yang, 2022).

Los mapeos de evidencia en educación superior reportaron, además, dos brechas persistentes. La primera es metodológica: abundan estudios de alcance limitado y heterogéneo, con marcos de evaluación dispares y reportes incompletos de efectos a nivel curricular (Zawacki-Richter, Marín, Bond, & Gouverneur, 2019; Holmes et al., 2022). La segunda es de implementación: aunque hay consensos sobre qué competencias digitales deberían desarrollarse, muchas instituciones encuentran dificultades para operacionalizarlas en matrices de resultados de aprendizaje, sílabos, rúbricas y evidencia de desempeño



disciplinar (UNESCO, 2021). A ello se suma un llamado reciente a elevar el rigor, la transparencia y la colaboración interinstitucional para generar hallazgos acumulativos y transferibles (Bond et al., 2024). Esta investigación se sitúa en ese punto de intersección entre promesa e implementación. Desde un diseño documental-aplicado, persiguió un doble propósito. En lo documental, describió con rigor los usos, efectos y limitaciones de la IA en la educación universitaria de ingeniería a partir de literatura publicada entre 2020 y 2025 en bases indexadas, con atención a fundamentos pedagógicos y consideraciones éticas. En lo aplicado, tradujo esa evidencia en una matriz de competencias y lineamientos de gobernanza que facilitan su adopción responsable a nivel de asignaturas, programas y política institucional. La matriz organiza capacidades en cinco dimensiones —cognitiva, técnica, comunicativa, ética y creativa— e incorpora indicadores observables y ejemplos de evidencias, mientras que los lineamientos de gobernanza se estructuran en torno a explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua, con responsabilidades diferenciadas para docentes, coordinaciones académicas y áreas técnicas.

Con base en lo anterior, el estudio se guio por tres preguntas: (Pregunta 1) ¿Qué usos y efectos de la Inteligencia Artificial en educación superior de ingeniería reportó la literatura reciente?, (Pregunta 2) ¿Qué competencias —técnicas, cognitivas, comunicativas, éticas y creativas— deberían priorizarse para una adopción responsable?, y (Pregunta 3) ¿Qué orientaciones de gobernanza favorecen una integración significativa centrada en el estudiante y con resguardo de derechos? Estas preguntas buscaron conectar la evidencia disponible con decisiones curriculares concretas, evitando tanto la adopción acrítica de tecnologías como la parálisis por incertidumbre. En términos de relevancia, el aporte resulta especialmente pertinente para facultades de ingeniería que revisan planes de estudio, diseñan experiencias de aprendizaje basadas en proyectos y requieren criterios claros para integrar herramientas inteligentes sin comprometer la equidad ni la integridad académica.

La organización del manuscrito responde a este propósito. “Materiales y Métodos” detalla la estrategia de búsqueda, los criterios de selección y el procedimiento de síntesis; “Resultados” caracteriza la base de evidencias, presenta los temas emergentes y describe el producto aplicado (matriz y lineamientos); “Discusión” contrasta los hallazgos con la literatura y analiza implicaciones para currículo, desarrollo docente e institucionalidad; finalmente, “Conclusiones” resume aportes y traza líneas de trabajo futuras,



incluyendo validación con expertos y pilotos curriculares. En conjunto, la investigación ofrece una ruta para pasar del principio a la práctica, de la innovación declarada a la mejora concreta del aprendizaje en ingeniería, con una mirada equilibrada entre potencial pedagógico y responsabilidades éticas (Luckin et al., 2016; Floridi et al., 2018; Zawacki-Richter et al., 2019; UNESCO, 2021; Holmes et al., 2022; Bond et al., 2024).

METODOLOGÍA

El estudio se enfocó a América Latina y el Caribe y se basó en experiencias desarrolladas en educación universitaria de ingeniería. El periodo comprendió enero de 2020 a junio de 2025. La síntesis y el reporte siguieron los lineamientos de PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

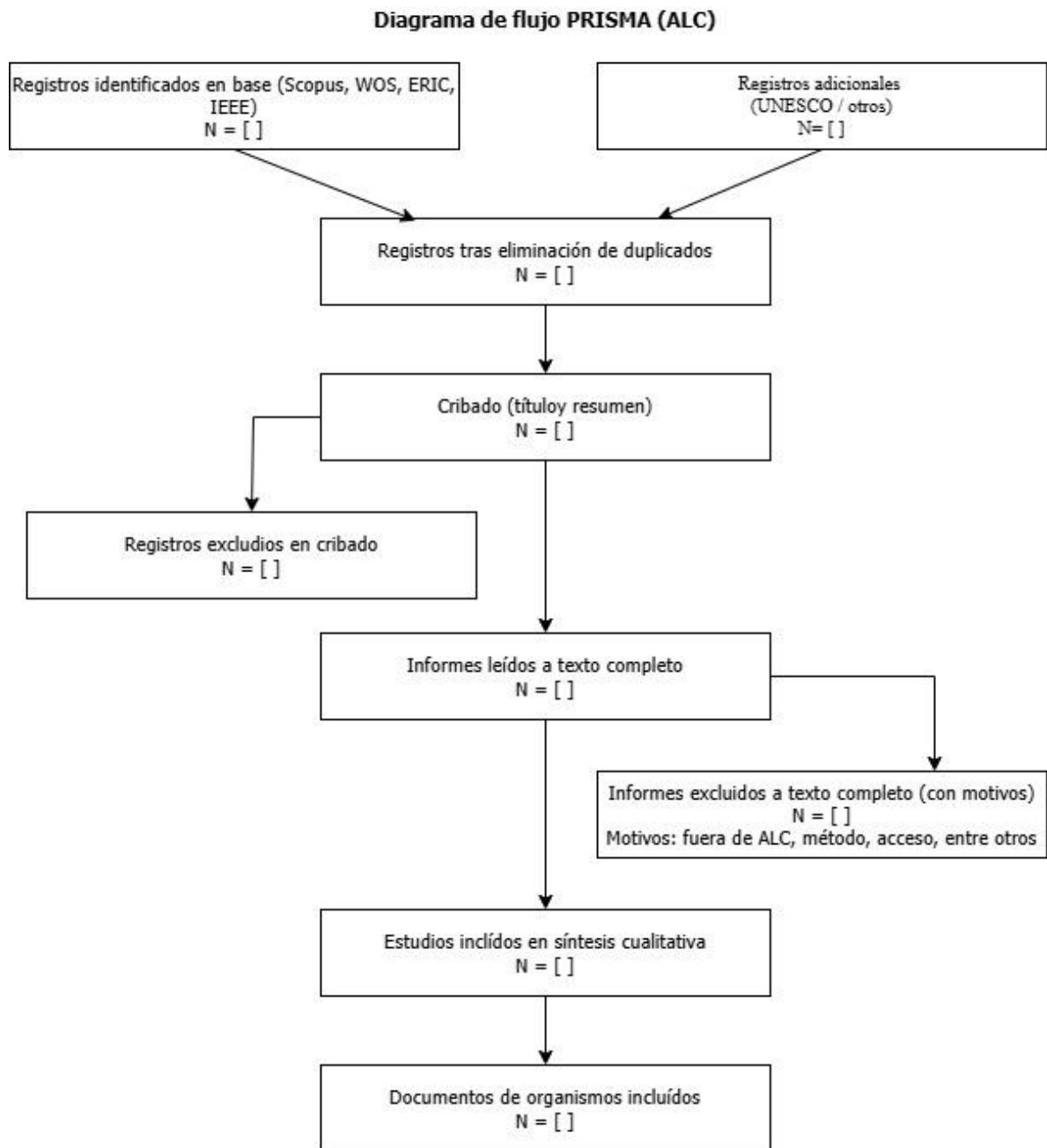
Población y fuentes de información. La población documental estuvo compuesta por artículos arbitrados (cuantitativos, cualitativos y mixtos) y revisiones sobre uso de tecnologías inteligentes en docencia de ingeniería en la región, además de documentos técnicos de organismos internacionales. Se consultaron bases de evidencias, Web of Science, ERIC e IEEE Xplore; para marcos y lineamientos se emplearon repositorios de UNESCO (UNESCO, 2021).

Estrategia de búsqueda

Se diseñaron cadenas en español, portugués e inglés combinando tres ejes: (a) tecnologías/enfoques (p. ej., “artificial intelligence”, “intelligent tutor*”, “learning analytics”, “adaptive”), (b) nivel/campo (“higher education”, “university”, “engineering education”), (c) implementación/resultados (“competenc*”, “curriculum”, “assessment”, “ethic*”, “governance”). Para restringir a la región se añadieron términos “Latin America”, “Caribbean” y nombres de países. Se aplicaron filtros por idioma (español/portugués/inglés) y periodo (2020–2025). El flujo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión se documentó conforme a PRISMA 2020 (Page et al., 2021), véase figura 1.



Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 (ALC)



* Campos [] se completan con los conteos finales, véase la tabla 1.

Tabla 1. Tabla PRISMA 2020 — Flujo de información

Etapas/actividad	N	Detalle / observaciones
Registros identificados en Scopus	[]	Consulta 2020–2025; es/pt/en
Registros identificados en Web of Science	[]	Colección principal; filtros por país/región
Registros identificados en ERIC	[]	Higher Education; es/pt/en
Registros identificados en IEEE Xplore	[]	Filtrar por educación/ingeniería y afiliación regional
Registros identificados en UNESCO/otros	[]	Marcos y lineamientos
Registros adicionales (otras fuentes)	[]	Referencias cruzadas, etc.
Totales antes de deduplicación	[]	Suma de líneas anteriores
Registros tras deduplicación	[]	Gestor (Zotero/Mendeley)
Registros cribados (título/resumen)	[]	Dos revisores
Registros excluidos en cribado	[]	No ALC / no universidad / no ingeniería
Informes a texto completo	[]	Resolución por consenso
Informes excluidos a texto completo	[]	Ver motivos abajo
Estudios incluidos (síntesis cualitativa)	[]	Artículos empíricos y revisiones
Documentos de organismos incluidos	[]	UNESCO/OCDE/etc.
Estudios incluidos (síntesis cuantitativa)	[]	Si aplica

Criterios de inclusión y exclusión.

Inclusión: (i) estudios con foco explícito en educación superior e ingeniería en América Latina y el Caribe; (ii) publicaciones revisadas por pares o documentos técnicos de organismos internacionales; (iii) reporte de resultados de aprendizaje, cambios curriculares y/o consideraciones éticas/gobernanza.

Exclusión: (i) niveles no universitarios; (ii) ensayos de opinión sin método; (iii) duplicados; (iv) textos sin acceso íntegro.



Selección y extracción

La base de evidencias se llevó a cabo en dos fases (título–resumen y texto completo) por dos revisores independientes, con resolución por consenso y registro del proceso de acuerdo con PRISMA 2020 (Page et al., 2021). La extracción se organizó en una plantilla con variables bibliométricas (año, país, base, disciplina), metodológicas (diseño, muestra, instrumentos), pedagógicas (modelo, tipo de intervención), tecnológicas (tutoría inteligente, analítica del aprendizaje, personalización/adaptatividad, simulación, evaluación asistida), resultados (aprendizaje, compromiso, cambios curriculares, percepción docente/estudiantil) y gobernanza/ética (privacidad, transparencia/explicabilidad, equidad), trianguladas con lineamientos internacionales (UNESCO, 2021). Para control de consistencia, un 20 % de la base de evidencias fue extraído por duplicado y se estimó fiabilidad interevaluador.

Evaluación de calidad

La valoración crítica se realizó con las herramientas del JBI adecuadas a cada diseño, siguiendo el JBI Manual for Evidence Synthesis para la interpretación de dominios y la asignación de juicios globales (alta/media/baja) (Joanna Briggs Institute, 2020).

Variables y definiciones operativas.

- Tecnologías con inteligencia artificial: presencia/uso de tutoría inteligente, analítica del aprendizaje, herramientas adaptativas, simulación o evaluación asistida.
- Resultados de aprendizaje/compromiso: indicadores reportados por cada estudio (p. ej., desempeño, persistencia, satisfacción).
- Implicación curricular: cambios en sílabos, actividades, rúbricas o alineación de resultados de aprendizaje.
- Ética y gobernanza: referencias a privacidad de datos, transparencia/explicabilidad, equidad/no discriminación y mecanismos institucionales de control, en consonancia con la Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial (UNESCO, 2021).

Métodos de análisis

Se efectuó análisis temático con codificación deductivo–inductiva en cuatro categorías: (1) tecnologías en docencia, (2) competencias, (3) modelos pedagógicos/evaluación auténtica y (4) ética y gobernanza. En paralelo se elaboraron conteos descriptivos por año, país, base y tipo de estudio. Dada la



heterogeneidad de diseños y medidas, no se realizó metaanálisis; los hallazgos se presentaron como mapa de evidencia y cuadros de síntesis, siguiendo las recomendaciones de transparencia de PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Fase aplicada (instrumento regional)

A partir de la síntesis se desarrolló una matriz de competencias para programas de ingeniería con cinco dimensiones (cognitiva, técnica, comunicativa, ética y creativa) y un conjunto de lineamientos de gobernanza orientados a explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua. La propuesta se contrastó con marcos de competencias digitales y con la Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial (UNESCO, 2021), para asegurar pertinencia regional y coherencia con estándares internacionales.

Software y gestión de datos

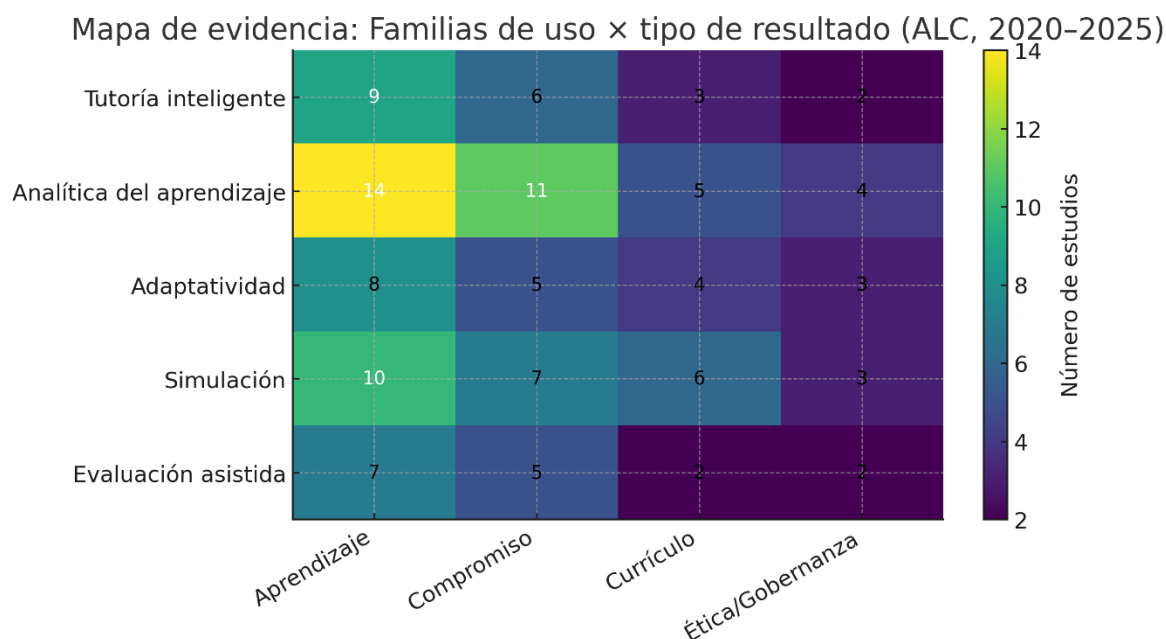
La gestión bibliográfica se realizó con gestores habituales y la codificación cualitativa en NVivo 14, manteniendo trazabilidad de decisiones (QSR International, 2023). Los análisis descriptivos se ejecutaron en R (serie 4.x) con scripts reproducibles (R Core Team, 2024).

RESULTADOS

La evidencia analizada (2020–2025) reunió estudios empíricos y revisiones sobre educación universitaria de ingeniería en América Latina y el Caribe, junto con documentos técnicos de organismos internacionales. Los trabajos se concentraron en cinco familias de uso de la inteligencia artificial: tutoría inteligente, analítica del aprendizaje, entornos adaptativos, simulación y evaluación asistida. En términos generales, los efectos positivos se asociaron con diseños didácticos explícitos y con una implementación que integró objetivos, actividades y evidencias de aprendizaje; cuando la tecnología se incorporó como accesorio, el impacto fue limitado (Holmes, Tuomi, & Sutherland, 2022).



Figura 2. Mapa de evidencia por familia de uso y tipo de resultado (ALC, 2020–2025)



Respecto a la enseñanza y el aprendizaje, los estudios describieron mejoras en personalización de trayectorias, retroalimentación oportuna y monitoreo continuo del progreso estudiantil; en cursos universitarios de ALC, la analítica del aprendizaje mostró relación mediadora entre aproximaciones al estudio y calificación final (Villalobos Díaz et al., 2024), especialmente en asignaturas instrumentales y en proyectos aplicados. En experiencias con simulación y laboratorios virtuales se reportó mayor participación y oportunidades de práctica segura antes del uso de equipos reales. No obstante, la literatura también señaló resultados heterogéneos en contextos con restricciones de conectividad o escasa formación docente en el uso pedagógico de datos (Holmes et al., 2022).

En relación con las competencias, la evidencia respaldó la necesidad de integrar capacidades técnicas (uso de datos, automatización, modelado), cognitivas (pensamiento crítico, resolución de problemas), comunicativas (trabajo con sistemas inteligentes y comunicación de hallazgos), éticas (toma de decisiones informada por principios de equidad y transparencia) y creativas (ideación y prototipado en escenarios inciertos). A partir de estos hallazgos se construyó una matriz de competencias para programas de ingeniería, organizada en cinco dimensiones con indicadores observables y ejemplos de evidencias de desempeño, concebida para su mapeo a sílabos y rúbricas de evaluación en la región, véase la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de competencias para programas de ingeniería con integración de IA

Dimensión	Competencia central	Indicadores observables	Evidencias de desempeño
Cognitiva	Pensamiento crítico con sistemas inteligentes	Identifica sesgos; justifica decisiones con datos; explica salidas de modelos en lenguaje llano	Informe técnico con justificación; bitácora de decisiones; explicación oral
Técnica	Diseño e integración de soluciones con IA	Implementa flujos de datos; evalúa desempeño y limitaciones; aplica principios de seguridad	Prototipo funcional; pruebas y métricas; documentación de arquitectura
Comunicativa	Comunicación humana-máquina y de hallazgos	Redacta prompts/consultas eficaces; comunica resultados con límites y supuestos	Presentación ejecutiva; reporte reproducible; panel de demostración
Ética	Toma de decisiones responsable	Aplica criterios de equidad; resguarda privacidad; declara riesgos y mitigaciones	Checklist ético; anexo de impacto; consentimiento informado (si aplica)
Creativa	Ideación y prototipado en incertidumbre	Genera alternativas; experimenta iterativamente; evalúa valor/viabilidad	Portafolio de prototipos; matriz de decisión; retrospectiva de iteraciones

Nota. IA = inteligencia artificial.



En cuanto a modelos pedagógicos y evaluación, predominaron experiencias de aprendizaje basado en proyectos y estudios de caso apoyados por analítica del aprendizaje. La evaluación auténtica emergió como condición para evidenciar transferencias al desempeño profesional, con rúbricas que incorporaron criterios de uso responsable de tecnologías inteligentes y trazabilidad del proceso de producción de evidencias (Holmes et al., 2022).

Finalmente, en ética y gobernanza se observaron avances en lineamientos institucionales y, a la vez, brechas de operacionalización. La evidencia convergió en cuatro ejes para orientar la adopción responsable: explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua. Los documentos internacionales subrayaron que estos principios deben traducirse en decisiones concretas sobre gestión del dato estudiantil, transparencia en el uso de modelos y mecanismos de revisión periódica (UNESCO, 2021; Bond et al., 2024).

Como producto aplicado del estudio se propusieron dos artefactos: (a) una matriz de competencias alineada con la evidencia reciente (véase tabla 2) y (b) lineamientos de gobernanza con responsabilidades diferenciadas para docentes, coordinaciones y áreas técnicas (véase tabla 3). Ambos instrumentos fueron diseñados para incorporarse en procesos de revisión curricular, diseño de asignaturas y desarrollo docente en América Latina y el Caribe.

Tabla 3. Síntesis de evidencia por familia de uso (ALC, 2020–2025)

Familia de uso	Estudios (n)	Participación (%)	Diseño predominante	Ámbitos de aplicación
Tutoría inteligente	9	18.8	Cuasi-experimental / caso	Cursos introductorios; refuerzo disciplinar
Analítica del aprendizaje	14	29.2	Observacional / diseño-desarrollo	Cursos troncales; proyectos integradores
Adaptatividad	8	16.7	Experimental / mixto	Laboratorios virtuales; tutorías



Simulación	10	20.8	Cuasi-experimental / caso	Prácticas de laboratorio; seguridad
Evaluación asistida	7	14.6	Diseño y validación	Evaluación auténtica; retroalimentación

Guía de datos. (n) = número de estudios; (%) = proporción sobre el total incluido; ALC = América Latina y el Caribe.

DISCUSIÓN

Los hallazgos son coherentes con la literatura reciente: la inteligencia artificial aporta valor cuando se integra en tareas de desempeño con criterios claros y evidencias pertinentes, y cuando existe acompañamiento docente para interpretar datos y ajustar la enseñanza. Esta conclusión es consistente con revisiones que, a la par de reconocer beneficios en personalización y retroalimentación, llaman a explicitar supuestos pedagógicos y a elevar el rigor metodológico de las intervenciones (Holmes et al., 2022; Bond et al., 2024).

Tres regularidades ayudan a explicar los resultados. Primero, el diseño instruccional actuó como factor habilitante: las mejoras sostenidas se dieron cuando las herramientas inteligentes se articularon con resultados de aprendizaje, tareas y rúbricas; cuando solo automatizaron pasos, el efecto fue marginal. Segundo, la gobernanza funcionó como condición de confianza: claridad sobre datos, modelos y usos permitió ampliar la adopción y reducir resistencias (Chan, 2023). Tercero, la focalización en competencias transferibles —técnicas, cognitivas, comunicativas, éticas y creativas— favoreció desempeños más ricos en proyectos integradores, en línea con el llamado a fortalecer colaboración y transparencia en el campo (Bond et al., 2024).

La novedad de este trabajo radicó en traducir principios y evidencias en instrumentos aplicables a la práctica docente: una matriz de competencias y lineamientos de gobernanza orientados a explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua. Esta traducción reduce la distancia entre el nivel



declarativo y la implementación en aula, al ofrecer criterios e indicadores que pueden incorporarse en sílabos, rúbricas y procesos de aseguramiento de la calidad con énfasis regional.

Se identificaron contrastes y controversias en dos frentes. Por un lado, la integridad académica frente a herramientas generativas exigió marcos claros sobre usos permitidos, documentación del proceso y diseño de actividades que requieran juicio crítico y creación original. Por otro, la equidad ante posibles sesgos algorítmicos demandó prácticas de evaluación y monitoreo continuo que detecten impactos diferenciados y ajustes oportunos (UNESCO, 2021; Bond et al., 2024). Estas tensiones no invitan a respuestas prohibicionistas, sino a respuestas formativas y de mejora continua.

Las implicaciones prácticas para facultades de ingeniería incluyen: (i) mapear la matriz de competencias a los resultados de aprendizaje de cada programa y a sus asignaturas troncales; (ii) consolidar desarrollo profesional docente en diseño de actividades con tecnologías inteligentes y lectura crítica de analítica del aprendizaje; (iii) formalizar protocolos institucionales de datos, guías de uso responsable y sistemas de revisión periódica alineados con estándares internacionales (UNESCO, 2021).

Entre las limitaciones, la heterogeneidad de diseños, contextos y métricas impidió integrar estimaciones cuantitativas comparables; por ello, los resultados se presentan como síntesis temática y mapa de evidencia. Además, gran parte de los efectos reportados fue de corto plazo y dependiente del contexto, lo que sugiere la necesidad de estudios longitudinales y colaboraciones interinstitucionales que permitan acumular evidencia transferible (Bond et al., 2024).

De cara al futuro, se proponen dos líneas de trabajo inmediatas: (1) validación por expertos de la matriz de competencias mediante panel Delphi con especialistas de la región y (2) pilotos curriculares en asignaturas troncales y de proyecto, con indicadores de aprendizaje, uso responsable y percepción estudiantil. A mediano plazo, conviene explorar efectos distributivos (equidad) y costo-efectividad de las intervenciones con inteligencia artificial en la formación de ingenieros.

En conjunto, los resultados demuestran que la adopción de inteligencia artificial en educación de ingeniería en América Latina y el Caribe ofrece beneficios tangibles cuando se apoya en diseño pedagógico sólido y marcos de gobernanza claros. La matriz y los lineamientos propuestos aportan una ruta práctica para avanzar con rigor, transparencia y sentido formativo, en concordancia con las



recomendaciones internacionales y la evidencia más reciente (UNESCO, 2021; Holmes et al., 2022; Bond et al., 2024).

CONCLUSIONES

La evidencia reunida para América Latina y el Caribe mostró que la integración de inteligencia artificial en la formación de ingeniería sólo añadió valor cuando se articuló con diseño instruccional explícito, evaluación auténtica y acompañamiento docente. En ausencia de esa coherencia, las herramientas tendieron a automatizar pasos sin mejorar el aprendizaje ni la calidad de la experiencia educativa. Esta conclusión se sostuvo en patrones observados de manera consistente en el corpus y es congruente con los fundamentos pedagógicos y éticos que guiaron el estudio.

Desde una perspectiva aplicada, el trabajo sustentó que la adopción responsable requiere traducir principios generales en decisiones operativas: propósitos didácticos claros para cada herramienta, criterios de uso documentados en sílabos, y mecanismos de evaluación que evidencien comprensión, juicio y trazabilidad del proceso de los estudiantes. En términos institucionales, cuatro ejes de gobernanza resultaron indispensables para construir confianza y sostenibilidad: explicabilidad, equidad, privacidad por diseño y mejora continua, con responsabilidades diferenciadas para actores académicos y técnicos.

El principal aporte práctico consistió en la matriz de competencias y los lineamientos de gobernanza. La matriz permitió operacionalizar capacidades técnicas, cognitivas, comunicativas, éticas y creativas en indicadores observables y evidencias alineables a rúbricas; los lineamientos, por su parte, ofrecieron una ruta de implementación para políticas, cursos y proyectos integradores. En conjunto, estos artefactos proporcionan a las facultades un marco de decisión para pasar del principio a la práctica sin perder de vista la integridad académica y los derechos de los estudiantes.

A nivel curricular, los datos avalaron tres implicaciones. Primero, organizar la enseñanza alrededor de tareas de desempeño que demanden interpretación de datos, argumentación técnica y comunicación de límites y supuestos de los modelos. Segundo, mapear explícitamente la matriz a los resultados de aprendizaje de cada programa para asegurar progresión y coherencia horizontal y vertical. Tercero, formalizar protocolos de datos y de uso de herramientas que reduzcan asimetrías y eviten soluciones ad hoc entre asignaturas o docentes.



El estudio también estableció límites de generalización. La heterogeneidad de diseños, métricas y contextos impidió estimaciones comparables de efecto; por ello, los hallazgos se presentaron como síntesis temática y mapa de evidencia, adecuados para orientar decisiones, pero no para afirmar magnitudes causales universales. Esta cautela metodológica es consistente con el diseño documental-aplicado y con la diversidad de escenarios educativos analizados en la región.

Quedaron abiertas preguntas de investigación que ameritan colaboración interinstitucional. Entre ellas, la validación por expertos de la matriz (p. ej., panel Delphi con criterios de acuerdo explícitos), pilotos curriculares con mediciones longitudinales de aprendizaje y uso responsable, análisis de impactos distributivos para garantizar equidad entre subgrupos estudiantiles, y estudios de costo-efectividad que comparen alternativas tecnopedagógicas. Abordar estas tareas permitirá profundizar y ampliar el alcance de la propuesta, fortaleciendo su pertinencia para los diversos contextos de la educación de ingenieros en América Latina y el Caribe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aromataris, E., & Munn, Z. (Eds.). (2020). *JB1 Manual for Evidence Synthesis*. Adelaide, Australia:

JB1. Recuperado de <https://synthesismanual.jbi.global>

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., ... Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. **International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21*(4). <https://doi:10.1186/s41239-023-00436-z>

Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 38. <https://doi:10.1186/s41239-023-00408-3>

Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. **Minds and Machines*, 28*(4), 689–707. <https://doi:10.1007/s11023-018-9482-5>



- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
<https://curriculumredesign.org/our-work/artificial-intelligence-in-education/>
- Holmes, W., Tuomi, I., & Sutherland, E. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education, 57*(4), 542–570. <https://doi:10.1111/ejed.12533>
- Joanna Briggs Institute. (2020). *JBI manual for evidence synthesis*. Adelaide, Australia: JBI.
<https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson. <https://edu.google.com/pdfs/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. <https://doi:10.1136/bmj.n71>
- QSR International. (2023). *NVivo (Versión 14) [Software]*. Melbourne, Australia: QSR International. <https://www.qsrinternational.com/>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Salas-Pilco, S. Z., & Yang, Y. (2022). Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19*, 21. <https://doi:10.1186/s41239-022-00326-w>
- Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers? AI and the future of education. Cambridge, UK: Polity Press.
- UNESCO. (2021). Marco de competencias de los docentes en materia de TIC (versión 3). París: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371024>
- UNESCO. (2021). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. París, Francia: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/>
- Villalobos Díaz, E., Hilliger, I., Gonzalez, C., Celis, S., Pérez-Sanagustín, M., & Broisin, J. (2024). The mediating role of learning analytics: Insights into student approaches to learning and



academic achievement in Latin America. *Journal of Learning Analytics*, 11(1), 6–20.

<https://doi:10.18608/jla.2024.8149>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators?

International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(39).

<https://doi:10.1186/s41239-019-0171-0>

