Innovación didáctica con IA-G generativa en matemática universitaria: experiencias en el TEC

Didactic innovation with generative AI in university mathematics: experiences at TEC

Melvin Ramírez-Bogantes[1], Jorge Monge-Fallas[2], Alexander Borbón-Alpízar[3], Marco Vinicio Gutiérrez-Montenegro[4], Reiman Acuña-Chacón[5], Luis Gerardo Meza-Cascante[6]

Ramírez-Bogantes, M; Monge-Fallas, J; Borbón-Alpízar, A; Gutiérrez-Montenegro, M.V; Acuña-Chacón, R; Meza-Cascante, L.G. Innovación didáctica con IA-G generativa en matemática universitaria: experiencias en el TEC. *Tecnología en Marcha*. Vol. 39 Nº especial sobre Inteligencia Artificial. Febrero, 2026. Pág. 147-156.

https://doi.org/10.18845/tm.v39i5.8503

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
meramirez@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0000-0001-5516-0085
2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
jomonge@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0000-0002-1651-3543
3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
aborbon@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0009-0006-4455-9414
4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
vgutierrez@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0009-0004-0293-1578
5 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
reiacuna@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0000-0002-0094-3282
6 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
gemeza@itcr.ac.cr
https://orcid.org/0000-0002-5413-0172

Palabras clave

Inteligencia artificial; educación superior; enseñanza de las matemáticas; innovación educativa; tecnología de la educación; evaluación educativa; ética.

Resumen

Este artículo presenta un conjunto de experiencias de innovación didáctica con inteligencia artificial generativa (IA-G) en la enseñanza universitaria de la matemática en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) durante el periodo 2024–2025. La iniciativa surge en el marco de la transformación digital institucional y busca explorar el potencial pedagógico de la IA-G como mediadora cognitiva y ética, más que como sustituto del razonamiento humano. El estudio adopta un enfoque cualitativo descriptivo con participación directa de los docentes-autores, quienes implementaron diversas experiencias en cursos de Matemática. Los resultados muestran que la incorporación de la IA-G en el aula puede favorecer la comprensión conceptual, la visualización tridimensional y la alfabetización digital cuando se integra en actividades con diseño didáctico, *prompting* pedagógico y verificación sistemática. También se identificaron desafíos éticos y formativos relacionados con el uso superficial, la dependencia tecnológica y la necesidad de rediseñar la evaluación para valorar procesos y explicaciones. Desde la perspectiva de los docentes innovadores, la IA-G se concibe como un andamiaje para pensar y dialogar matemáticamente, que impulsa una docencia reflexiva centrada en la persona. En conclusión, la experiencia reafirma que la innovación no reside en la tecnología utilizada, sino en el propósito pedagógico que la orienta, y que la IA-G contribuye al desarrollo de la reflexión y del pensamiento crítico en el aprendizaje de la matemática a nivel universitario.

Keywords

Artificial intelligence; higher education; mathematics teaching; educational innovation; educational technology; educational assessment; ethics

Abstract

This article presents a set of didactic innovation experiences using generative artificial intelligence (GenAI) in university mathematics teaching at the Costa Rican Institute of Technology (TEC) during the 2024–2025 period. The initiative arises within the framework of the institution's digital transformation and seeks to explore the pedagogical potential of GenAI as a cognitive and ethical mediator rather than as a substitute for human reasoning. The study adopts a descriptive qualitative approach with the direct participation of the teacher-authors, who implemented several experiences in mathematics courses. The results show that incorporating GenAI into the classroom can foster conceptual understanding, three-dimensional visualization, and digital literacy when integrated into activities with didactic design, pedagogical prompting, and systematic verification. Ethical and formative challenges were also identified, including superficial use, technological dependence, and the need to redesign assessment to value processes and explanations. From the perspective of the innovative teachers, GenAI is conceived as scaffolding for thinking and engaging in mathematical dialogue, promoting reflective teaching centered on the learner. In conclusion, the experience reaffirms that innovation does not reside in the technology itself but in the pedagogical purpose that guides it, and that GenAI contributes to developing reflection and critical thinking in university mathematics learning.

Introducción

En el último quinquenio, la transformación digital (TD) en educación superior ha dejado de reducirse a la adquisición de tecnologías para concebirse como un proceso de gobernanza que articula estrategia, cultura, datos/analítica e innovación pedagógica. En ese marco, la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IA-G) abre una agenda específica para la enseñanza de la matemática: potencia el andamiaje cognitivo, pero exige verificación, transparencia y desarrollo profesional docente.

Con el fin de contextualizar las experiencias de uso de IA-G en matemática que se expone más adelante, se presenta a continuación un estado del arte en dos dimensiones: (i) la transformación digital en educación superior, desde enfoques instrumentales hacia la gobernanza institucional; y (ii) el potencial, los límites y las condiciones de uso pedagógico de la IA-G. Este preámbulo ofrece un marco interpretativo que sitúa las experiencias en procesos más amplios de innovación, calidad y ética educativa.

Transformación digital en educación superior: de la herramienta a la gobernanza

La evidencia más sólida converge en que la TD efectiva depende de la madurez digital institucional (liderazgo, estrategia, métricas, inversión) y de cómo se orquestan procesos académicos y de gestión con analítica e IA-G. En una revisión que integra diversas fuentes y perspectivas, [1] mapean iniciativas típicas (aulas híbridas, analítica del aprendizaje, servicios en la nube, automatización) y muestran que el retorno no reside en la herramienta aislada, sino en su integración con políticas de datos, formación docente y evaluación de resultados. Este énfasis en "ecosistema y madurez" dialoga con la síntesis de Educación 4.0, donde [2] sistematizan los factores impulsores (personalización, conectividad ubicua, automatización/IA-G) y subrayan el giro desde la compra de plataformas hacia el rediseño de experiencias y competencias.

Los estudios de implementación afinan ese cuadro. [3] documentan un formato híbrido con equipamiento tecnológico integrado que favorece la continuidad y el acceso; sin embargo, identifican tensiones en interacción y socialización y recomiendan apoyo docente y lineamientos de calidad para actividades sincrónicas y asincrónicas. Desde una perspectiva organizacional, [4] analizan una institución de educación superior bajo incertidumbre extrema y proponen tres estrategias organizativas: *impulsar tecnologías para asegurar la continuidad, escalar funcionalidades para generar nuevo valor y justificar ese valor para orientar y legitimar el cambio*, que explican cómo la transformación digital se sostiene, se expande y se legitima en contextos volátiles. En [5] presentan una revisión sistemática con enfoque de teoría fundamentada (grounded theory) centrada en la gestión universitaria. Identifican tecnologías habilitadoras (IA-G, computación en la nube, big data, analítica), barreras (estructura; estrategia y gestión; implementación; competencias) y factores críticos de éxito (cultura y liderazgo; planificación; procesos; infraestructura; capital humano; alianzas; sostenibilidad; experiencia de usuario) y proponen un modelo conceptual que vincula la TD con indicadores de desempeño institucional.

Una revisión sistemática (2019–2024) identifica barreras y organiza una matriz de nueve dimensiones: *visión-estrategia, liderazgo-gestión, organización, recursos, competencia digital, grupos de interés, cultura digital, ámbito académico y ética digital*; con 80 subdimensiones. Destacan la infraestructura limitada, la baja alfabetización digital, la inconsistencia estratégica y una cultura adversa al cambio; el mapa facilita alinear indicadores y hojas de ruta con la realidad institucional [6].

Una lectura bibliométrica complementaria confirma el carácter organizacional y multidisciplinario de la transformación digital universitaria. En una revisión sistemática de literatura abierta indexada en Scopus (2017–2023), [7] evidencian una tendencia ascendente de publicaciones y señalan

una alta concentración de trabajos en revistas del ámbito educativo y de las ciencias sociales. El análisis de co-ocurrencia de palabras clave revela clústeres en torno a *"digital transformation", "higher education", "COVID-19"* y *"e-learning"*, con Ciencias Sociales como área predominante. El patrón sugiere que la TD se discute, sobre todo, en términos de gobernanza y desempeño, más que de mera adopción tecnológica, lo que respalda la necesidad de indicadores que conecten decisiones digitales con resultados institucionales.

En el contexto de Latinoamérica, la TD no puede leerse como digitalización de contenidos o mera adopción de sistemas de gestión del aprendizaje, sino como reconfiguración pedagógica. Una síntesis regional propone ubicar la pedagogía reflexiva en el corazón de la TD universitaria, sustituyendo el énfasis transmisivo por aprendizaje activo, colaboración, multimodalidad y evaluación formativa con retroalimentación recursiva. El contraste en siete dimensiones: *espacio-temporal, epistémica, discursiva, evaluativa, social, cognitiva y comparativa*; muestra que, en contextos de desigualdad y brechas digitales, la TD solo produce valor cuando se acompaña de transformación curricular y cambios organizacionales (políticas, desarrollo docente, soportes) [8].

Desde la política y la prospectiva, en [9] plantean que el futuro de la educación superior en TD exige competencias digitales (técnicas y socioemocionales), gobernanza de datos y currículos flexibles (modularidad, credenciales alternativas), señalando brechas financieras, de infraestructura y culturales. La UNESCO [10] ofrece el marco normativo con directrices para el uso responsable de la IA-G: *equidad, transparencia algorítmica, protección de datos y desarrollo docente*, como pilares de una TD centrada en la persona.

El consenso actual sitúa la TD como un programa institucional más que como un catálogo de herramientas: estrategia y gobernanza; analítica e IA-G orientadas a valor educativo; y desarrollo profesional que traduzca potencial tecnológico en prácticas de aula evaluables [1], [4], [5], [2], [9], [7], [8], [10], [6].

IA-G en la enseñanza de la matemática: potencial, límites y condiciones

En matemática, la IA-G opera como andamiaje para procesos complejos si, y solo si, existe diseño didáctico que guíe su uso. En el ámbito de la prueba matemática, [11] precisan cómo interactúa el alumnado con la IA-G. A partir de entrevistas clínicas con estudiantes de primer año que resolvieron seis enunciados apoyándose en ChatGPT-3.5, proponen el marco SIPE-AI, un ciclo de siete procesos *(identificar el objetivo; diseñar/revisar el prompt; ejecutar; evaluar; decidir continuar; seleccionar qué incorporar; escribir la prueba final).* Este ciclo está modelado por tres factores: *concepciones de prueba, concepciones sobre la IA-G y consideraciones éticas* que explican por qué el estudiantado puede apropiar ideas de la IA-G pero retrabaja la demostración para asumir autoría y rigor; además, advierten el riesgo de una *"autoridad epistémica"* de la IA-G y variaciones por idioma del prompt, reforzando la enseñanza explícita de verificación y juicio crítico.

Más allá de percepciones, la evidencia experimental matiza expectativas sobre el prompting. En un estudio con 1.080 validaciones que combinó tres tareas de resolución de problemas, cuatro técnicas de prompt (incluyendo Chain-of-Thought y Ask-me-Anything) y tres versiones del modelo, [12] hallan que el prompting no incrementa por sí mismo la claridad ni la corrección del contenido, esas dimensiones mejoran sobre todo al pasar de GPT-3.5 a GPT-4; en cambio, sí aumenta la calidad de proceso, haciendo visibles las estrategias heurísticas y los cambios de representación. La lección didáctica es usar CoT/AMA para andamiar el razonamiento y mantener verificación sistemática de la exactitud, pues el buen proceso no garantiza resultados correctos.

En Cálculo, un estudio con 64 estudiantes muestra una recepción favorable pero matizada: 65,63 % reportó sentirse cómodo usando ChatGPT y 53,13 % afirmó que lo usaría en otras asignaturas; además, 48,44 % indicó que la herramienta facilitó la comprensión de conceptos y 53,13 % percibió mayor participación en clase. Estas valoraciones conviven con advertencias: inexactitud ocasional, riesgo de dependencia (resolver sin aprender), limitaciones para ciertos problemas y efectos dispares en la interacción [13]. Un seguimiento semestral de seis laboratorios [14] añade que las percepciones iniciales predicen el uso real y la calidad del diálogo con la IA-G; el enfoque de Rational Questioning (RQ): *formular preguntas epistémicas, teleológicas y comunicativas tras el output* profundiza el aprendizaje, siempre que exista verificación docente de historiales y retroalimentación formativa.

Como meta-síntesis, una revisión panorámica distingue siete frentes para el uso de ChatGPT en educación matemática (noviembre de 2022 – mayo de 2024): áreas de contenido, interacción docente (planificación), evaluación/diseño de tareas, personalización (apoyos a la autorregulación), retos de pensamiento crítico, aprendizaje colaborativo y actitudes/resultados; concluye que el valor depende del diseño didáctico y la supervisión [15]. Adicionalmente, una revisión sistemática de literatura específica en matemática (31 estudios, PRISMA) confirma beneficios en personalización, participación y apoyo al profesorado (planificación de clases, retroalimentación), pero documenta limitaciones de la IA-G en tópicos complejos, especialmente geometría espacial y derivadas, y un desempeño que decae en ítems de alta dificultad (por ejemplo, 83 % en preguntas fáciles frente a 10 % en difíciles), con mejoras al pasar de GPT-3.5 a GPT-4; se recomienda integración equilibrada, verificación y acompañamiento docente [16].

La convergencia de evidencias sugiere tres requisitos pedagógicos: (a) tareas con verificación obligatoria (chequeo de pasos, contraejemplos, contraste con CAS o cálculo manual); (b) prompting pedagógico orientado a explicaciones, justificaciones y múltiples caminos de solución; y (c) evaluación auténtica basada en productos reflexivos (diarios de error, análisis comparado IA-G–humanos). Bajo estas condiciones, la IA-G se reubica como mediación para pensar matemáticamente, no como atajo.

La evidencia revisada sobre TD y el uso de IA-G en matemática obliga a una mirada holística, demostrando que la efectividad no es lineal. Para guiar esta discusión y sintetizar los hallazgos de la literatura revisada sobre la Transformación Digital y el uso de la IA-G en matemática, proponemos un marco que organiza la integración en tres niveles jerárquicos.

Un marco de integración macro–meso–micro

La integración de TD e IA-G en matemática se entiende mejor en tres capas. *Macro:* lineamientos de [10] para IA-G centrada en lo humano, con políticas de datos, transparencia y equidad. *Meso:* liderazgo, incentivos y desarrollo docente que soporten entornos híbridos, analítica y prototipado rápido [3], [5] más indicadores que conecten la TD con desempeño institucional [7] y una lectura operativa de barreras para planificar gestión del cambio [6]. *Micro*: secuencias didácticas con andamiaje metacognitivo, prompting guiado y verificación sistemática, atendiendo a riesgos epistemológicos (autoridad de la IA-G) y a la alineación de representaciones con el nivel educativo [11], [12], [17], [14].

El debate contemporáneo ya no es *"si"* usar IA-G, sino *"cómo"* gobernarla e integrarla para potenciar prácticas matemáticas con intencionalidad. La TD universitaria aporta la infraestructura organizacional (gobernanza, datos, desarrollo docente) que necesita la IA-G para traducirse en aprendizaje evaluable; a su vez, las experiencias de aula con IA-G obligan a repensar evaluación, verificación y diálogo matemático. La convergencia entre ambas agendas no se resuelve con más software, sino con criterios pedagógicos y de gobernanza que permitan a estudiantes y docentes pensar mejor con tecnología.

A continuación, se presentan experiencias de innovación didáctica con IA-G desarrolladas en cursos de la Escuela de Matemática, en el marco de la Red académica MatIA y en el contexto del Modelo Pedagógico del TEC.

Metodología

El artículo se enmarca en un enfoque cualitativo descriptivo orientado a documentar y analizar experiencias de innovación didáctica con IA-G en cursos de matemática del TEC durante el periodo 2024–2025. Cinco de los coautores participaron como docentes responsables de las innovaciones, por lo que se asumió una posición de investigador-participante. Las experiencias se llevaron a cabo en cursos que se imparten en la Escuela de Matemática, en modalidades presencial y combinada, en las que la IA-G se integró en actividades de planificación, resolución guiada y retroalimentación formativa.

Cada docente elaboró un informe breve de su experiencia, en el que describió el propósito de la actividad, el tipo de apoyo brindado por la herramienta, los resultados observados y las dificultades encontradas. Posteriormente, se realizaron entrevistas de seguimiento para precisar decisiones didácticas, percepciones sobre el aprendizaje del estudiantado y condiciones de uso. Los informes y entrevistas conformaron el corpus de análisis, que fue examinado mediante una revisión reflexiva y comparativa de las experiencias, orientada a identificar regularidades, aprendizajes, beneficios, limitaciones y condiciones de implementación, sin la pretensión de aplicar un procedimiento de codificación formal propio de estudios cualitativos exhaustivos. Dada la doble condición de autor y participante, se incorporaron prácticas de reflexividad y revisión cruzada entre los autores para distinguir entre descripciones y valoraciones, y así mitigar sesgos interpretativos.

La participación fue voluntaria y mediada por consentimiento informado. Se resguardaron los datos conforme a las políticas institucionales del TEC, garantizando la confidencialidad de personas y grupos.

Resultados

En este apartado se presentan los principales hallazgos derivados del análisis de las experiencias implementadas, describiendo las actividades desarrolladas y los efectos observados en la dinámica de aula y en los procesos de aprendizaje. La exposición se centra en los resultados identificados a partir de los informes docentes y las entrevistas de seguimiento, reservando las reflexiones pedagógicas e interpretaciones de los autores-docentes para un apartado diferenciado posterior.

Experiencias de innovación didáctica con IA-G en la enseñanza de la matemática universitaria

Durante los años 2024 y 2025 se desarrollaron diversas experiencias de innovación didáctica en la enseñanza universitaria de la matemática en el TEC, orientadas a integrar la IA-G en contextos de aula. Estas experiencias surgieron como iniciativas académicas autónomas que buscaron explorar el potencial de la IA-G para enriquecer los procesos de aprendizaje, promover la autorregulación y fortalecer la comprensión conceptual en distintos niveles de formación.

La incorporación de la IA-G no se concibió como un simple recurso tecnológico añadido al currículo, sino como un medio para transformar las prácticas pedagógicas mediante nuevas formas de representación, interacción y reflexión sobre el conocimiento matemático. En todos los casos, la IA-G se empleó como mediadora cognitiva y pedagógica, configurada para favorecer el razonamiento, la validación de resultados y el desarrollo del pensamiento crítico, evitando su uso como sustituto de la actividad intelectual del estudiante.

Las siguientes experiencias ilustran cómo esta tecnología se integró de manera responsable y significativa, en distintos cursos del ciclo básico universitario.

Cálculo Diferencial e Integral: tutoría socrática y alfabetización en IA-G

En el curso de Cálculo Diferencial e Integral se diseñó una intervención pedagógica de bajo umbral tecnológico orientada a introducir al estudiantado en el uso ético y crítico de la IA-G como herramienta de apoyo para la comprensión de las reglas de derivación. La actividad consistió en un trabajo guiado en el aula, en el cual cada participante interactuó con un modelo de lenguaje configurado como tutor socrático digital.

El proceso se dividió en dos etapas: la primera centrada en la exploración conceptual, donde el estudiantado solicitaba definiciones, ejemplos y explicaciones teóricas; y la segunda, de aplicación práctica, en la que la IA-G generaba ejercicios personalizados que debían resolverse manualmente. Este enfoque permitió combinar la interacción con la IA-G con el trabajo analítico individual, garantizando la participación activa del estudiante como agente central del proceso de aprendizaje.

En el desarrollo de la actividad se observaron indicios de una mejor comprensión de los principios del cálculo diferencial, así como un desarrollo temprano de habilidades de generación de indicaciones o *prompting* y de reflexión sobre los límites de la automatización. La actividad se consolidó como un ejemplo de alfabetización en IA-G aplicada a contenidos de naturaleza procedimental, preservando el rigor matemático y la integridad académica.

Cálculo Superior: modelización geométrica y acompañamiento inclusivo

En el curso de Cálculo Superior se implementaron dos experiencias complementarias. La primera consistió en un proyecto de modelización geométrica tridimensional, en el que los estudiantes parametrizaron, representaron y ensamblaron superficies cuádricas utilizando GeoGebra y LaTeX, con el apoyo de un tutor IA-G encargado de ofrecer retroalimentación conceptual y verificar coherencias algebraicas. Este trabajo integró razonamiento geométrico, comunicación técnica y creatividad, promoviendo una comprensión profunda de la estructura de las superficies y sus relaciones espaciales.

La segunda experiencia se orientó a la inclusión educativa, mediante la creación de un tutor socrático personalizado para un estudiante con necesidades educativas específicas. El diseño del tutor se basó en una secuencia predecible y calmada de interacción (enunciado, explicación breve, pregunta única), con el fin de reducir la sobrecarga cognitiva y facilitar la autogestión del aprendizaje. En ambos casos se registró que la IA-G funcionó como un andamiaje cognitivo flexible, capaz de adaptarse a distintos niveles de complejidad y estilos de aprendizaje, fortaleciendo la equidad y la autonomía en el aula universitaria.

Cálculo y Álgebra Lineal: visualización tridimensional y modelización interdisciplinaria

En el curso de Cálculo y Álgebra Lineal se desarrolló el proyecto GeoIA-3D, centrado en la integración de GeoGebra 3D y la IA-G para favorecer la comprensión del álgebra vectorial en contextos reales. La propuesta abordó problemas aplicados en ingeniería, robótica y telecomunicaciones, donde los estudiantes formularon modelos vectoriales, representaron rectas y planos, y validaron sus resultados mediante el acompañamiento de un tutor (GPT-ChatGPT).

El proceso incluyó la elaboración de informes técnicos y videos explicativos, con énfasis en la argumentación matemática y la comunicación científica. Los productos elaborados evidenciaron avances en la comprensión espacial y en la capacidad de traducción entre representaciones simbólicas, gráficas y geométricas, así como en el trabajo colaborativo y la reflexión sobre la validez de los modelos matemáticos en entornos digitales.

Ecuaciones Diferenciales: modelación, simulación y ética académica

En el curso de Ecuaciones Diferenciales se implementaron dos propuestas orientadas a la modelización y simulación asistida por IA-G . La primera integró metodologías activas, como la enseñanza justo a tiempo y la instrucción entre pares, para abordar fenómenos de crecimiento, contagio y oscilaciones. Los estudiantes emplearon ChatGPT, GeoGebra, Python, MATLAB y otros entornos de simulación para comparar resultados analíticos y numéricos, reflexionando sobre la coherencia de los procedimientos y la validez de los modelos.

La segunda propuesta, denominada EDO+IA-G, combinó la resolución analítica de ecuaciones diferenciales de primer orden con la verificación asistida y la simulación computacional. Cada grupo elaboró un video y una declaración de integridad académica que documentaba el uso responsable de la IA-G en el proceso. Las producciones desarrolladas mostraron un aprendizaje activo e interdisciplinario, que abarcó desde modelos poblacionales tipo Malthus hasta fenómenos mecánicos con fricción viscosa, en los cuales la tecnología se consolidó como herramienta de exploración, validación y comunicación científica.

El apartado siguiente no introduce nuevos resultados empíricos, sino que desarrolla una reflexión interpretativa elaborada por los autores-docentes a partir de los hallazgos descritos, con el propósito de analizar sus implicaciones pedagógicas y éticas en la enseñanza universitaria de la matemática.

Reflexiones y aprendizajes desde la voz de los autores-docentes

Hablamos en primera persona porque fuimos nosotros quienes diseñamos e implementamos las innovaciones con IA-G en nuestros cursos de matemática del TEC. Más que “adoptar” una herramienta, vivimos un proceso de búsqueda pedagógica que nos llevó a replantear qué significa enseñar y aprender matemáticas con tecnología. Este relato reúne nuestras vivencias, con sus entusiasmos, dudas y aprendizajes, tal como las experimentamos en el aula.

¿Por qué lo hicimos?

Nos movió la necesidad de humanizar la experiencia matemática y de abrir espacios de autonomía, curiosidad y verificación crítica. Veníamos de trayectorias distintas: GeoGebra, cálculo simbólico, tutores socráticos, proyectos 3D; y convergimos en un propósito común: que la IA-G no reemplazara el pensamiento, sino que lo ampliara. Descubrimos pronto que integrar IA-G implicaba rediseñar tareas, tiempos y evaluaciones, no solo *“usar”* una plataforma.

Lo que vivimos (sorpresas, tensiones y hallazgos)

Vivimos escenas de asombro y otras de desconcierto. En ocasiones, la IA-G fue un atajo que convirtió la actividad en trámite; allí comprobamos que la evaluación dirige el aprendizaje y debimos separar exploración de calificación. En otros momentos, la IA-G se volvió mediadora del pensamiento: permitió discutir trayectorias, contrastar métodos, visualizar procesos y hacer visibles estrategias que no aparecían en el papel. También afrontamos situaciones profundamente humanas, como ajustar un tutor socrático para reducir la ansiedad y dosificar la información de un estudiante con NEE. En síntesis, aprendimos a equilibrar eficiencia con comprensión, producto con proceso, resultado con explicación.

Camino hacia la reflexión y la transparencia

Nos dolió constatar aprendizajes superficiales cuando el diseño no exigía reflexión; nos incomodó ver cómo la presión por *“terminar”* desplazaba el sentido de *“aprender”*. También sentimos el límite de tiempo para acompañar de manera formativa, y la tensión ética de un uso que puede facilitar la copia si no se enmarca bien. De allí surgieron ajustes: rúbricas que valoran explicación y verificación, hitos intermedios con retroalimentación breve, y protocolos de transparencia (declarar cuándo y cómo se usó IA-G, qué se verificó y qué se corrigió).

Lo que aprendimos (resignificaciones pedagógicas)

Aprendimos a diseñar para que la IA-G sea un andamiaje y no un sustituto: prompts con intención pedagógica, tutorías que preguntan antes de responder, y tareas que exigen justificación, contraejemplos y comparación de estrategias. Revalorizamos la metacognición (explicar qué y por qué), la multimodalidad (analítica, visual, paramétrica) y la verificación sistemática. Redescubrimos nuestro rol: menos transmisión, más diseño de procesos y acompañamiento; menos control del contenido, más cuidado del proceso.

Nuestra síntesis

Como autores-docentes, nos reconocemos aprendices en tránsito. La IA-G no nos *"resolvió"* la docencia; nos obligó a pensarla mejor. Cuando el diseño, la ética y la evaluación tiran para el mismo lado, la tecnología deja de ser atajo y se vuelve pretexto para pensar. En nuestras aulas, la innovación no fue sumar software, sino alinear propósitos pedagógicos, criterios de integridad y formas de acompañar. Ese es el sentido que queremos dejar: la IA-G, bien orquestada, puede humanizar la enseñanza de la matemática porque nos invita, a estudiantes y docentes, a hacer explícito el razonamiento, a verificarlo y a conversarlo.

Conclusiones y discusión

El conjunto de experiencias descritas muestra que la integración de la inteligencia artificial generativa en la enseñanza de la matemática universitaria potencia el desarrollo de competencias cognitivas, digitales y éticas, siempre que su uso se oriente hacia la mediación y no la sustitución del razonamiento humano. Este enfoque se alinea con el principio del Modelo Pedagógico del TEC de fomentar el pensamiento crítico y la formación integral del estudiante. La IA-G se consolida como un instrumento de modelización, diálogo y verificación, capaz de conectar el conocimiento abstracto con su aplicación contextual y de fomentar la metacognición en los estudiantes, lo que refuerza el valor de la autonomía y la autorregulación en el aprendizaje que promueve la institución.

Este estudio presenta limitaciones que conviene explicitar para interpretar adecuadamente sus alcances. En primer lugar, su carácter cualitativo, exploratorio y situado implica que los hallazgos no buscan generalización estadística, sino documentar y comprender experiencias de innovación didáctica en un contexto institucional específico. En segundo término, las experiencias fueron desarrolladas de manera autónoma por distintos docentes, lo que aporta diversidad, pero también heterogeneidad en propósitos, tiempos y formas de implementación, limitando la comparabilidad estricta entre casos. Además, la condición de autores-docentes involucrados en las innovaciones puede introducir sesgos interpretativos; por ello, se procuró distinguir entre la descripción de lo realizado y las valoraciones pedagógicas derivadas de la práctica, mediante reflexividad y revisión cruzada. Finalmente, el estudio se apoya en informes y entrevistas, por lo que no incorpora evidencias adicionales directas del estudiantado (por ejemplo, registros sistemáticos de desempeño); futuras investigaciones podrían complementar estas experiencias con diseños comparativos, seguimiento longitudinal y triangulación de fuentes.

Más allá de los resultados particulares, estas experiencias evidencian una transformación del rol docente y estudiantil: el profesorado actúa como diseñador de entornos de aprendizaje inteligentes (cumpliendo el rol de investigador educativo que experimenta con nuevas didácticas) y el estudiantado como agente activo en la construcción de significado (consolidando el aprendizaje centrado en la persona). En este marco, la IA-G no reemplaza la enseñanza, sino que la amplía y resignifica, ofreciendo nuevas posibilidades para la comprensión profunda, la creatividad y la reflexión ética en la formación matemática universitaria contemporánea.

Referencias

[1] Fernández, B. Gómez, K. Binjaku, and E. Kajo Meçe, "Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review," *Education and Information Technologies*, 2023. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0

[2] E. Mukul and G. Büyüközkan, "Digital transformation in education: A systematic review of Education 4.0," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 194, 122664, 2023. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664

[3] J. Petchamé, I. Iriondo, O. Korres, and J. Paños-Castro, "Digital transformation in higher education: A qualitative evaluative study of a hybrid virtual format using a smart classroom system," *Heliyon*, vol. 9, e16675, 2023. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16675

[4] K. Antonopoulou, C. Begkos, and Z. Zhu, "Staying afloat amidst extreme uncertainty: A case study of digital transformation in higher education," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 192, 122603, 2023. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122603

[5] J. E. S. Carmo, D. P. Lacerda, C. O. Klingenberg, and F. A. S. Piran, "Digital transformation in the management of higher education institutions," *Sustainable Futures*, vol. 8, 100192, 2025. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100692

[6] A. J. Singun, "Unveiling the barriers to digital transformation in higher education institutions: A systematic literature review," *Discover Education*, vol. 4, 37, 2025. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00430-9

[7] R. Ramadania, Y. Hartijasti, B. B. Purmono, D. M. N. Haris, and M. Z. Afifi, "A systematic review on digital transformation and organizational performance in higher education," *International Journal of Sustainable Development and Planning,* vol. 19, no. 4, pp. 1239–1252, 2024. https://doi.org/10.18280/ijsdp.190402

[8] A. C. Useche, Á. H. Galvis, F. Díaz-Barriga Arceo, A. E. Patiño Rivera, and C. Muñoz-Reyes, "Reflexive pedagogy at the heart of educational digital transformation in Latin American higher education institutions," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, Art. 68, 2022. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00365-3

[9] M. Akour and M. Alenezi, "Higher education future in the era of digital transformation," *Education Sciences*, vol. 12, 784, 2022. https://doi.org/10.3390/educsci12110784

[10] UNESCO, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris: UNESCO, 2023. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

[11] H. Yoon, J. Hwang, K. Lee, K. H. Roh, and O. N. Kwon, "Students' use of generative artificial intelligence for proving mathematical statements," *ZDM – Mathematics Education*, vol. 56, pp. 1531–1551, 2024. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01629-0

[12] S. Schorcht, N. Buchholtz, and L. Baumanns, "Prompt the problem—Investigating the mathematics educational quality of AI-supported problem solving by comparing prompt techniques," *Frontiers in Education*, Art. 1386075, 2024. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1386075

[13] D. Serhan and N. Welcome, "Integrating ChatGPT in the Calculus classroom: Student perceptions," *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, vol. 8, no. 2, pp. 325–335, 2024. https://doi.org/10.46328/ijtes.559

[14] Y. Zhuang, "Lessons from using ChatGPT in Calculus: Insights from two contrasting cases," *Journal of Formative Design in Learning,* vol. 9, pp. 25–35, 2025. https://doi.org/10.1007/s41686-025-00098-2

[15] B. Pepin, N. Buchholtz, and U. Salinas-Hernández, "A scoping survey of ChatGPT in mathematics education," *Digital Experiences in Mathematics Education*, vol. 11, pp. 9–41, 2025. https://doi.org/10.1007/s40751-025-00172-1

[16] H. S. Almarashdi, A. M. Jarrah, O. Abu Khurma, and S. M. Gningue, "Unveiling the potential: A systematic review of ChatGPT in transforming mathematics teaching and learning," *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 20, no. 12, em2555, 2024. https://doi.org/10.29333/ejmste/15739

[17] S. Getenet, "Pre-service teachers and ChatGPT in multistrategy problem-solving: Implications for mathematics teaching in primary schools," *International Electronic Journal of Mathematics Education*, vol. 19, no. 1, em0766, 2024. https://doi.org/10.29333/iejme/14141

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Utilizamos las herramientas de inteligencia artificial *GPT-5* (OpenAI, 2025) y *Gemini* para la revisión bibliográfica y generar el marco teórico, y para mejorar la redacción, pero realizamos una revisión exhaustiva para asegurar la calidad y precisión de los contenidos.