IMPULSO Revista de Administración / https://revistaimpulso.org
Volumen 6 | Número 15 | Julio-septiembre – 2026 |Pág. 1 – 14 / ISSN: 2959-9040
http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Artículo de investigación

Meta-análisis sobre el efecto del e-learning en competencias matemáticas universitarias (2018–2025)

Meta-analysis on the effect of e-learning on university mathematical competencies (2018–2025)

[a]Gandhi Saida Serrano-Gómez ✉; [b]Luis Alberto Vásquez Muñoz;
[c]Cynthia Verina Núñez Rosales; [d]Zulema Jacoba Llange Nieves; [e]Patricia Fernández Muriel

Resumen

Contexto: La educación superior atraviesa una transformación digital que ha impulsado el uso del e-learning como estrategia para fortalecer las competencias matemáticas universitarias y reducir las brechas de aprendizaje. **Objetivo:** Sintetizar la evidencia empírica sobre la eficacia del e-learning en el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes universitarios e identificar los factores instruccionales que moderan su efectividad. **Metodología:** Se realizó un meta-análisis de efectos aleatorios basado en 13 estudios cuasi-experimentales publicados entre 2018 y 2025. Se aplicaron modelos estadísticos robustos y análisis de moderadores para estimar el efecto combinado y evaluar la heterogeneidad entre los estudios. **Resultados:** El análisis evidenció un efecto combinado grande a favor del e-learning (g = 0,979), con alta heterogeneidad entre investigaciones (I^2 = 87,11 %). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las modalidades exclusivamente en línea y blended learning (p = 0,8293). Los resultados sugieren que el impacto del e-learning está determinado principalmente por la calidad del diseño instruccional, la planificación pedagógica y las estrategias de acompañamiento, más que por la modalidad tecnológica empleada. **Conclusiones:** El e-learning genera efectos positivos significativos en el desarrollo de competencias matemáticas universitarias. Sin embargo, su efectividad depende de implementaciones pedagógicas de calidad que integren metodologías activas, recursos adecuados y estrategias de mediación docente para garantizar aprendizajes sostenibles.

Palabras clave: Aprendizaje en línea; Educación superior; Enseñanza combinada; Matemáticas; Meta-análisis

Abstract

Background: Higher education is currently undergoing a profound digital transformation, driving the adoption of e-learning as a strategic tool to enhance mathematical competencies and bridge learning gaps among university students. **Objective:** This study aims to synthesize empirical evidence regarding the efficacy of e-learning in developing university-level mathematical competencies and to identify the instructional factors that moderate its effectiveness. **Methodology:** A random-effects meta-analysis was conducted, drawing from 13 quasi-experimental studies published between 2018 and 2025. Robust statistical modeling and moderator analyses were employed to estimate the pooled effect size and evaluate inter-study heterogeneity. **Results:** The analysis revealed a large pooled effect size favoring e-learning (g=0.979), accompanied by substantial heterogeneity (I2=87.11%). No statistically significant differences were observed between purely online and blended learning modalities (p=0.8293). The findings suggest that the impact of e-learning is primarily driven by the quality of instructional design, pedagogical planning, and support strategies, rather than the technological modality itself. **Conclusions:** E-learning yields significant positive effects on the development of mathematical competencies in higher education. However, its effectiveness is contingent upon high-quality pedagogical implementation that integrates active methodologies, appropriate resources, and teacher mediation strategies to ensure sustainable learning outcomes.

Keywords: Blended learning; Higher education; Mathematics; Meta-analysis; Online learning

[a] Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
gandhiartistaplastica@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-2839-2302

[b] Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
lvasquezm@unmsm.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-9980-5954

[c] Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú
cynthia.núnez@urp.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-8328-9019

[d] Universidad Nacional Hermilio Valdizán: Huánuco, Perú
zllange@unheval.edu.pe
https://orcid.org/0000-0003-4930-4825

[e] Instituto Científico Tecnológico del Ejército. Lima, Perú
ferpatricia@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-2503-9393

Historia del artículo:
Artículo recibido 22 de abril 2026| Aceptado 26 de mayo 2026 | Publicado 01 de julio 2026

Cómo citar:
Serrano-Gómez, G. S., Vásquez Muñoz, L. A., Núñez Rosales, C. V., Llange Nieves, Z. J., & Fernández Muriel, P. (2026). Meta-análisis sobre el efecto del e-learning en competencias matemáticas universitarias (2018–2025). *Impulso, Revista de Administración*, 6(15), 1-14. http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Introducción

La educación superior contemporánea enfrenta una transformación paradigmática impulsada por la integración de tecnologías digitales, proceso acelerado notablemente por las disrupciones globales recientes. Este escenario exige una reevaluación crítica de las metodologías pedagógicas tradicionales, particularmente en disciplinas fundamentales como las matemáticas, donde los índices de reprobación y deserción históricamente han sido elevados (Hidalgo, 2019). La digitalización no constituye un mero reemplazo de herramientas, sino una reconfiguración profunda de los procesos de enseñanza-aprendizaje, la interacción didáctica y la construcción del conocimiento (Ibarra et al., 2024). En este contexto, se vuelve imperioso investigar con rigor científico la eficacia real de los entornos digitales para desarrollar competencias complejas y superar las barreras cognitivas y afectivas asociadas al aprendizaje matemático universitario.

Sin embargo, la enseñanza de las matemáticas en el nivel superior presenta desafíos pedagógicos únicos que trascienden la mera transmisión de procedimientos. Requiere el desarrollo de pensamiento abstracto, razonamiento lógico, modelización y resolución de problemas no rutinarios, competencias que demandan estrategias instruccionales sofisticadas (Blanco et al., 2021). Los métodos tradicionales, centrados en gran medida en la exposición magistral, suelen resultar insuficientes para promover una comprensión profunda y aplicada en una generación de estudiantes nativos digitales (Cheng, 2021). Esta brecha metodológica puede exacerbar la ansiedad matemática, minar la autoeficacia y perpetuar la percepción de la disciplina como inaccesible, especialmente entre poblaciones vulnerables o con brechas formativas previas.

Por otra parte, el e-learning emerge como una respuesta potencial a estos desafíos, ofreciendo un ecosistema flexible que puede personalizar trayectorias de aprendizaje. Lejos de ser un sustituto unidimensional de la clase presencial, el e-learning engloba un espectro que va desde cursos completamente en línea hasta modelos híbridos o blended learning, que combinan sesiones sincrónicas y asincrónicas con actividades presenciales (Sucerquia et al., 2016). Su valor reside en la capacidad de integrar recursos multimedia, simulaciones interactivas, retroalimentación automatizada y oportunidades para la colaboración a distancia, elementos que pueden potenciar la comprensión conceptual (Nurfatanah et al., 2021; Rohendi et al., 2023).

En consecuencia, el aprendizaje combinado o blended learning se ha posicionado como un modelo particularmente prometedor. Este enfoque busca sintetizar las ventajas de la interacción face-to-face con la flexibilidad y riqueza de recursos del entorno online, superando así las limitaciones de cada modalidad por separado (López et al., 2011; Rodríguez et al., 2010). La hipótesis subyacente es que esta integración estratégica puede generar un entorno de aprendizaje más robusto, que sostenga la motivación, fomente la autonomía y facilite la construcción de conocimiento a través de múltiples representaciones y prácticas distribuidas (Tong et al., 2022).

Asimismo, la evidencia empírica acumulada en la última década comienza a respaldar esta hipótesis. Estudios cuasi-experimentales en diversos contextos reportan que el blended learning puede mejorar significativamente el rendimiento académico en matemáticas universitarias en comparación con métodos tradicionales (Al-Qahtani y Higgins, 2013; Alsalhi et al., 2021). Investigaciones como la de Setiawan et al., (2022) en Indonesia, mediante un meta-análisis, encontraron un tamaño del efecto muy alto (1.269) a favor del aprendizaje combinado. Estos resultados sugieren que la mediación tecnológica, cuando está bien diseñada pedagógicamente, puede ser un poderoso catalizador del aprendizaje matemático.

No obstante, es importante señalar que la efectividad del e-learning no es uniforme ni automática; está moderada por una constelación de factores instruccionales. El diseño didáctico, la calidad de los materiales digitales, el rol del docente como facilitador y diseñador de experiencias, y la integración genuina de las actividades en línea y presenciales son variables críticas (Geiger et al., 2018; Mendoza, Burbano, y Valdivieso, 2019; Mendoza, Burbano, Valdivieso, et al., 2019). La mera transposición de contenidos a una plataforma digital, sin una reconceptualización pedagógica, suele derivar en resultados

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

decepcionantes (Grisales, 2018). Por tanto, la investigación debe ir más allá de la comparación binaria para analizar cómo las características específicas de la intervención moderan su impacto.

De igual forma, las variables afectivas y motivacionales desempeñan un papel mediador crucial. La autoeficacia matemática, es decir, la creencia en la propia capacidad para tener éxito, es un predictor robusto del rendimiento (Gregory et al., 2019). Entornos digitales bien estructurados que ofrecen retroalimentación formativa y oportunidades de práctica graduada pueden fortalecer esta autoeficacia (Zwart et al., 2020). Del mismo modo, la motivación autónoma y el desarrollo de una mentalidad de crecimiento (growth mindset) son esenciales, especialmente para cerrar brechas de género persistentes en STEM (Ershova et al., 2021; Ortiz et al., 2025).

Cabe destacar que la implementación del e-learning también plantea desafíos significativos de equidad y acceso. La brecha digital no es solo una cuestión de conectividad, sino también de competencias digitales tanto en estudiantes como en docentes (Arévalo et al., 2019). Estudios en contextos con recursos limitados, como el de Nungu et al., (2023) en Ruanda, resaltan cómo la falta de infraestructura y formación puede limitar severamente los beneficios potenciales. Una visión crítica debe, por tanto, considerar las condiciones contextuales que permiten o restringen el éxito de estas innovaciones pedagógicas.

Es importante señalar que el paisaje del e-learning evoluciona rápidamente, incorporando herramientas emergentes como inteligencia artificial adaptativa, aprendizaje móvil, gamificación y realidad aumentada (Díaz, 2020; Monzón, 2024). Estas tecnologías ofrecen nuevas posibilidades para la personalización y la interactividad, como lo demuestran experiencias con GeoGebra para cálculo (Mitrović et al., 2024) o con robótica educativa (Castro et al., 2022). Evaluar su aporte real exige marcos metodológicos sólidos que distingan el efecto del medio tecnológico del valor del diseño pedagógico subyacente.

En este escenario complejo y dinámico, las revisiones sistemáticas y los meta-análisis se tornan herramientas indispensables para sintetizar la evidencia dispersa y extraer conclusiones generalizables. Permiten cuantificar la magnitud global del efecto de las intervenciones de e-learning, identificar patrones consistentes a través de múltiples estudios y descubrir fuentes de heterogeneidad, como el nivel educativo, la disciplina específica o las características de la implementación (Setiawan et al., 2022). Sin esta síntesis cuantitativa, el campo avanza de forma fragmentada, con resultados a veces contradictorios.

No obstante, revisiones anteriores presentan limitaciones que justifican una nueva investigación sintética. Muchos meta-análisis tienen un alcance muy amplio, abarcando todas las disciplinas o todos los niveles educativos, lo que puede oscurecer efectos específicos en matemáticas universitarias. Otros se basan en literatura publicada antes de la aceleración digital post-2020, periodo que ha generado una masa crítica de estudios cuasi-experimentales con diseños más refinados (García et al., 2020; Moreno et al., 2020). Existe, pues, un vacío en la síntesis actualizada y focalizada de la evidencia más reciente sobre la eficacia del e-learning en esta área concreta.

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es sintetizar, mediante un meta-análisis de efectos aleatorios de estudios cuasi-experimentales publicados entre 2020 y 2025, la evidencia empírica sobre la eficacia del e-learning en el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes universitarios, identificando y analizando los factores instruccionales y contextuales que moderan su efectividad. Este análisis busca proporcionar a educadores, diseñadores instruccionales y responsables políticos conclusiones basadas en evidencia para fundamentar decisiones pedagógicas informadas y maximizar el potencial de las tecnologías digitales en la enseñanza superior de las matemáticas.

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Método

La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, la cual corresponde a un meta-análisis de efectos aleatorios, realizado en el contexto de investigación educativa de posgrado durante el segundo semestre de 2024. La investigación tuvo como propósito sintetizar cuantitativamente la evidencia publicada entre 2018 y 2025. Se empleó un diseño metodológico secundario, analizando datos agregados de estudios cuasi-experimentales preexistentes, lo que permitió una evaluación robusta del efecto global y de posibles variables moderadoras sin intervención directa con participantes.

Posteriormente, la población de estudio se definió como todos los artículos cuasi-experimentales indexados en WOS, Scopus, SciELO y Latindex entre 2018-2025, que evaluaran e-learning en matemáticas universitarias. La muestra final (n=13 estudios) se determinó mediante un proceso de selección por conveniencia sistemática, partiendo de 57 artículos identificados. El tamaño muestral no se calculó a priori, sino que dependió del número de estudios que cumplieron los criterios de elegibilidad tras la revisión exhaustiva, aplicando el principio de inclusión máxima con datos suficientes para el cálculo del efecto.

Además, se establecieron criterios de inclusión explícitos: estudios cuasi-experimentales con grupo control, participantes universitarios, intervenciones de e-learning (totalmente online o blended), medición cuantitativa de competencias matemáticas, y reporte de estadísticos suficientes para calcular el tamaño del efecto (medias, desviaciones, N). Se excluyeron estudios cualitativos, revisiones narrativas, investigaciones sin grupo control, y aquellas con poblaciones no universitarias o que evaluaran otras disciplinas.

Para la recolección de datos, se utilizó una ficha de extracción estandarizada en Excel que incluyó 29 variables por estudio (autores, año, diseño, N, g de Hedges, varianza, moderadores). Los instrumentos de evaluación fueron los reportados en los estudios primarios (pruebas estandarizadas o validadas de matemáticas). La calidad metodológica se evaluó mediante una adaptación de la herramienta ROBINS-I para estudios no aleatorizados, generando una puntuación de riesgo de sesgo.

Asimismo, los análisis estadísticos se realizaron con RStudio 4.3.1, empleando los paquetes metafor y meta para modelos de efectos aleatorios (método REML), metarregresión, análisis de subgrupos, pruebas de heterogeneidad (I^2, Q) y análisis de sensibilidad leave-one-out. Se aplicó la corrección Hartung-Knapp y la prueba de Egger para sesgo de publicación. Los principios éticos se basaron en el uso de datos públicamente disponibles, citación original, transparencia metodológica y declaración de ausencia de conflicto de intereses.

Resultados

La Tabla 1 presenta las estadísticas descriptivas fundamentales que caracterizan la muestra de 15 estudios cuasi-experimentales incluidos en el meta-análisis. El tamaño del efecto, medido mediante la g de Hedges, exhibe una mediana de 0.84, ubicándose dentro del rango intercuartílico (IQR) que va de 0.66 a 1.21. Este dato inicial indica que, en la mitad central de los estudios, los efectos del e-learning sobre las competencias matemáticas oscilan entre magnitudes grandes (0.66) y muy grandes (1.21), según los criterios convencionales de Cohen. La dispersión total, desde un mínimo de 0.18 hasta un máximo de 2.08, sugiere una considerable variabilidad en los resultados reportados por las investigaciones primarias, anticipando la heterogeneidad sustancial que se confirma en análisis posteriores.

En primer lugar, la distribución del tamaño del efecto merece un análisis detallado. Una mediana de 0.84 señala que, en términos agregados, la intervención del e-learning tiende a producir una mejora sustancial en el rendimiento matemático en comparación con los grupos de control. Sin embargo, la amplia diferencia entre el valor mínimo (0.18) y el máximo (2.08) refleja una diversidad notable en la efectividad reportada. Esta variabilidad puede atribuirse a diferencias en el diseño instruccional, la calidad de la implementación tecnológica, el contexto institucional o las características de los

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

participantes en los estudios originales, factores que el modelo de efectos aleatorios busca capturar y analizar (Tabla 1).

Por otra parte, el tamaño de la muestra total (N) de los estudios incluidos también presenta una dispersión considerable. La mediana de 90 participantes, con un IQR entre 65 y 140, indica que la mayoría de las investigaciones primarias trabajaron con muestras de tamaño moderado, características de los diseños cuasi-experimentales en educación. No obstante, el rango global, que se extiende desde 21 hasta 600 participantes, evidencia la inclusión de estudios con alcances muy distintos, desde investigaciones a pequeña escala hasta otras con una cobertura mucho más amplia. Esta diversidad en el poder estadístico de los estudios fuente debe considerarse al interpretar los resultados del meta-análisis (Tabla 1).

Además, la evaluación de la calidad metodológica, operacionalizada mediante una puntuación de riesgo de sesgo, arroja resultados alentadores. La mediana de 5, dentro de un rango posible que aparentemente va de 4 a 6 según los valores mínimo y máximo reportados, sugiere que los estudios incluidos poseen, en general, un riesgo de sesgo bajo a moderado. El hecho de que el 50% central de los estudios (IQR: 4.5 - 5) se agrupe en la parte alta de la escala implica una relativa solidez metodológica en el corpus de investigación sintetizado, lo cual contribuye a la validez interna de las inferencias derivadas del presente meta-análisis (Tabla 1).

Adicionalmente, la conjunción de estos descriptores pinta un panorama claro del corpus de estudios analizado: se trata de un conjunto de investigaciones que, en su mayoría, reportan efectos positivos y considerables del e-learning, realizadas con muestras de tamaño moderado y con un control aceptable de los sesgos metodológicos. La heterogeneidad inherente, sin embargo, subraya la importancia de emplear un modelo de efectos aleatorios para el cálculo del efecto combinado y de proceder con análisis de moderadores para discernir las razones detrás de las diferencias observadas entre los resultados de las investigaciones primarias (Tabla 1).

Tabla 1. *Estadísticas descriptivas de los estudios incluidos (n=15)*

Variable	Mediana (IQR)	Mínimo - Máximo
Tamaño del efecto (g de Hedges)	0.84 (0.66 - 1.21)	0.18 - 2.08
Tamaño de muestra total (N)	90 (65 - 140)	21 - 600
Puntuación de riesgo de sesgo	5 (4.5 - 5)	4 - 6

***Nota**: IQR = Rango intercuartílico (Q1-Q3).*

Los resultados de la Tabla 2 ofrecen el resultado central del meta-análisis, al presentar el tamaño del efecto combinado para las intervenciones de e-learning en matemáticas universitarias. La estimación puntual, calculada mediante un modelo de efectos aleatorios, es de g = 0.979. Este valor, cercano a 1, se interpreta como un efecto grande según los criterios estándar, indicando que la diferencia promedio en el rendimiento entre los grupos experimentales y de control equivale a casi una desviación estándar completa. Dicho resultado sugiere que, de manera agregada, la implementación del e-learning tiene un impacto positivo y sustancial en el desarrollo de competencias matemáticas en la educación superior, superando con creces los umbrales que se consideran relevantes desde una perspectiva práctica educativa.

En cuanto a la precisión de esta estimación, el intervalo de confianza del 95% (IC 95%: 0.680 - 1.278) muestra que el rango del intervalo se sitúa por encima de cero, lo que confirma que el efecto positivo es estadísticamente robusto y no atribuible al azar. La amplitud del intervalo, que abarca desde un efecto moderado-alto (0.680) hasta uno muy grande (1.278), refleja cierta incertidumbre en la magnitud precisa, coherente con la alta heterogeneidad previamente identificada. No obstante, el límite inferior sigue indicando un beneficio claro y significativo, lo que fortalece la solidez de la conclusión principal.

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Cabe destacar que el valor p asociado (< 0.001) corrobora la significancia estadística con un nivel de confianza muy elevado. Este resultado extremadamente bajo sugiere que la probabilidad de observar un efecto combinado de tal magnitud por mero error de muestreo es virtualmente nula. La aplicación de la corrección de Hartung-Knapp, un método más conservador que la aproximación estándar, añade rigor al análisis, ya que produce intervalos de confianza más amplios y realistas cuando el número de estudios es limitado, como es el caso (k=13). Por lo tanto, la significancia se mantiene incluso bajo un enfoque metodológico cauteloso.

Desde una perspectiva aplicada, la magnitud del efecto combinado (g = 0.979) tiene implicaciones pedagógicas importantes. Un efecto de esta envergadura se traduce, en términos prácticos, en una ventaja académica considerable para los estudiantes que participan en entornos de e-learning bien estructurados, en comparación con aquellos sometidos a metodologías tradicionales. Esto respalda la inversión en el diseño y la implementación de estas modalidades, siempre que se aseguren los principios instruccionales de calidad. El resultado sintetiza la evidencia más reciente y constituye un parámetro cuantitativo sólido para informar la toma de decisiones en el ámbito de la innovación educativa en matemáticas superiores.

Tabla 2. *Resultados del meta-análisis de efectos aleatorios*

Parámetro	Estimación (g)	Error estándar	IC 95%	Valor p
Tamaño del efecto combinado	0.979	0.139	[0.680, 1.278]	<0.001

***Nota:** Modelo de efectos aleatorios (k=13). Corrección Hartung-Knapp aplicada.*

La Tabla 3 presenta un diagnóstico exhaustivo de la heterogeneidad estadística entre los datos de los estudios incluidos en el meta-análisis, un aspecto fundamental para interpretar la consistencia y posibilidad de generalización del efecto combinado. El valor de Tau², estimado en 0.2447, cuantifica la varianza real de los tamaños del efecto entre los diferentes estudios primarios. Esta magnitud, que no es atribuible al error de muestreo dentro de cada investigación, se clasifica como sustancial e indica que existen diferencias importantes en los resultados reportados, las cuales probablemente se derivan de variaciones en las características metodológicas, poblacionales o de intervención de los estudios sintetizados.

En primer lugar, el estadístico I², que alcanza el 87.11%, ofrece una interpretación más intuitiva de esta variabilidad. Este porcentaje, calificado como muy alto, revela que la abrumadora mayoría de la variación total observada en la estimación de los efectos se debe a la heterogeneidad genuina entre los estudios, y no a la casualidad. Dicho de otro modo, menos del 13% de la dispersión en los resultados puede explicarse por el error aleatorio intrínseco a cada investigación, lo que confirma que los resultados individuales no son estadísticamente homogéneos y apunta a la influencia de factores moderadores subyacentes.

Por otra parte, la prueba Q de heterogeneidad, con un resultado altamente significativo (Q=102.72, p < 0.001), proporciona la evidencia formal que rechaza la hipótesis nula de homogeneidad entre los tamaños del efecto. Esta significancia estadística robusta refuerza la conclusión extraída de los índices Tau² e I²: las diferencias observadas entre los estudios son reales y sistemáticas. Por consiguiente, el modelo de efectos aleatorios empleado es el más adecuado, ya que permite generalizar los resultados a un rango de poblaciones y condiciones más allá de las representadas en la muestra específica de estudios.

Asimismo, la presencia de esta heterogeneidad sustancial y significativa no invalida el resultado principal del meta-análisis, sin embargo, matiza su interpretación. En lugar de indicar un efecto uniforme, los resultados sugieren que la magnitud del impacto del e-learning en competencias matemáticas varía considerablemente según condiciones específicas. Esto justifica plenamente la realización de análisis de subgrupos y de moderación posteriores, cuyo propósito es identificar y cuantificar las variables, como el tipo de modalidad (online vs. blended) o la calidad metodológica, que pueden explicar esta variabilidad y ayudar a precisar bajo qué circunstancias las intervenciones son más efectivas.

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Tabla 3. Análisis de heterogeneidad

Medida	Valor	Interpretación
Tau² (varianza entre estudios)	0.2447	Heterogeneidad sustancial
I² (% de heterogeneidad)	87.11%	Muy alta
Prueba Q (Q)	102.72 (df=12, p<0.001)	Heterogeneidad significativa

La Tabla 4 aborda un análisis de subgrupos crucial para discernir si la modalidad de implementación del e-learning actúa como un factor moderador de su efectividad, comparando específicamente el aprendizaje totalmente en línea con el modelo combinado o blended. El resultado principal indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas modalidades en términos de su impacto sobre las competencias matemáticas. El efecto estimado para el aprendizaje en línea, tomado como referencia, es grande y significativo, mientras que la diferencia atribuible al modelo blended resulta mínima y no significativa, lo que sugiere que, en conjunto, ambas aproximaciones son igualmente efectivas.

En primer lugar, el tamaño del efecto para las intervenciones totalmente en línea (g = 1.005) se mantiene dentro del rango de un efecto grande, con un intervalo de confianza que, aunque amplio (0.451 a 1.558), no incluye el valor cero en su límite inferior. Esto confirma que las modalidades completamente virtuales, por sí mismas, constituyen una alternativa pedagógica robusta capaz de generar mejoras sustanciales en el aprendizaje. La significancia estadística (p=0.0004) refuerza la validez de esta conclusión, indicando que el resultado no es producto del azar, a pesar de la variabilidad inherente esperable en este tipo de intervenciones (Tabla 4).

Por otro lado, la diferencia estimada entre el efecto del blended learning y el aprendizaje en línea es de apenas -0.073, un valor cercano a cero y clínicamente irrelevante. El intervalo de confianza del 95% para esta diferencia, que va desde -0.733 hasta 0.588, es amplio y cruza ampliamente la línea de cero. Esto significa que, con un 95% de confianza, la verdadera diferencia entre ambas modalidades podría oscilar entre un efecto moderado a favor del blended learning y uno moderado a favor del formato totalmente online. La no significancia estadística (p=0.8293) implica que no hay evidencia suficiente en los datos para afirmar que una modalidad supera a la otra (Tabla 4).

Además, el test de moderadores (QM = 0.0465, p=0.8293) proporciona la prueba formal de que la variable tipo de e-learning no explica una porción significativa de la heterogeneidad observada entre los estudios. Este resultado es clave: la enorme variabilidad en los resultados del meta-análisis, previamente cuantificada, no se debe a la distinción binaria entre online puro y blended. Por lo tanto, la búsqueda de factores explicativos debe dirigirse hacia otras características de las intervenciones, como el diseño instruccional, el nivel de interacción o la calidad de la retroalimentación, que podrían estar moderando la efectividad de manera más decisiva (Tabla 4).

En consecuencia, la interpretación práctica de estos resultados es aleccionadora para educadores y diseñadores instruccionales. La elección entre una u otra modalidad no debería fundamentarse en la expectativa de una superioridad intrínseca en los resultados de aprendizaje, ya que la evidencia sintetizada no la respalda. La decisión estratégica debe, en cambio, considerar otros criterios como la logística institucional, el acceso tecnológico de los estudiantes, las competencias digitales del profesorado y los objetivos pedagógicos específicos, sabiendo que ambas vías pueden conducir a resultados de aprendizaje igualmente positivos si se implementan con un diseño de calidad (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de subgrupos por tipo de e-learning

Grupo / Parámetro	Estimación (g)	Error estándar	IC 95%	Valor p
Totalmente online (intercepto)	1.005	0.282	[0.451, 1.558]	0.0004
Diferencia (Blended - Online)	-0.073	0.337	[-0.733, 0.588]	0.8293
Test de moderadores	QM = 0.0465 (df=1, p=0.8293)	No significativo		

***Nota:** Modelo de efectos mixtos (k=12). Un estudio excluido por datos faltantes.*

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

La Tabla 5 exhibe los resultados del análisis de sensibilidad leave-one-out, procedimiento diseñado para evaluar la robustez y estabilidad del efecto combinado estimado en el meta-análisis. Este método recalcula iterativamente el tamaño del efecto global excluyendo secuencialmente cada uno de los estudios incluidos, permitiendo detectar si algún estudio individual ejerce una influencia desproporcionada o atípica que pudiera distorsionar la conclusión principal. Los resultados obtenidos demuestran una notable estabilidad en la estimación puntual del efecto, lo que consolida la confiabilidad de los resultados reportados.

En cuanto, al tamaño del efecto combinado revela que las estimaciones oscilan dentro de un rango muy estrecho, desde un mínimo de 0.897 hasta un máximo de 1.041. Esta variación limitada, en torno al valor original de g = 0.979, indica que ninguna de las investigaciones individuales modifica sustancialmente la magnitud general del efecto cuando es excluida. Todos los valores recalculados se mantienen dentro del umbral de un efecto grande, confirmando que la conclusión de un impacto positivo y considerable del e-learning no depende críticamente de ningún estudio en particular y es, por tanto, un resultado robusto (Tabla 5).

Asimismo, el análisis del estadístico de heterogeneidad I^2 tras cada exclusión arroja un resultado consistente: los valores permanecen sistemáticamente por encima del 80%, fluctuando entre 81.8% y 88.3%. Esta persistencia confirma que la elevada heterogeneidad identificada en el análisis principal no es un artefacto generado por uno o dos estudios outliers, sino una característica intrínseca y estructural del conjunto de evidencia sintetizada. La variabilidad sustancial entre los efectos de las intervenciones primarias es un fenómeno real y generalizado que perdura independientemente del estudio que se omita en el cálculo (Tabla 5).

En conjunto, los resultados de este análisis de sensibilidad permiten descartar que las estimaciones del meta-análisis sean frágiles o estén indebidamente influenciadas por investigaciones atípicas. La solidez del efecto combinado, aunada a la consistencia de la heterogeneidad, proporciona un respaldo metodológico adicional a la validez de las inferencias del estudio. Esta fortaleza analítica subraya que la pregunta relevante no es si el e-learning es efectivo, la evidencia apunta claramente a que sí lo es, sino bajo qué condiciones específicas y factores moderadores se maximiza su impacto, dada la variabilidad inherente que los datos confirman de manera robusta (Tabla 5).

Tabla 5. *Análisis de sensibilidad (leave-one-out)*

Estudio excluído	g combinado (sin el estudio)	I^2 (%) (sin el estudio)
(de la Fuente et al., 2018)	1.011	84.7
(Anupan y Chimmalee, 2024)	0.976	88.0
(Alsalhi et al., 2021)	0.897	81.8
(Berumen et al., 2021)	1.006	87.9
(Farías et al., 2020)	0.966	87.9
(Rohendi et al., 2023)	1.041	85.1
(Snegurenko et al., 2019)	0.902	82.9
(Cuno et al., 2025)	0.961	88.2
(Díaz, 2020)	0.998	87.7
(Tong et al., 2022)	1.000	88.0
(Mahmud et al., 2025)	1.003	87.9
(Moreno et al., 2020)	1.002	87.7
(Ortiz et al., 2025)	0.990	87.9

Nota: *El tamaño del efecto combinado mostró robustez, variando entre 0.897 y 1.041. La heterogeneidad se mantuvo alta (I^2 >80%) en todos los casos.*

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Discusión

La presente investigación sintetizó un efecto combinado grande y significativo (g = 0.979) del e-learning sobre las competencias matemáticas universitarias, un resultado que se alinea con la tendencia positiva reportada en revisiones anteriores. No obstante, la magnitud específica es ligeramente inferior al tamaño del efecto muy alto (g = 1.269) obtenido por Setiawan et al., (2022) en su meta-análisis sobre aprendizaje combinado en Indonesia. Esta divergencia podría atribuirse a diferencias en el alcance temporal y geográfico de los estudios incluidos; mientras que su síntesis abarcó una década (2012-2021) en un contexto nacional, el análisis se focalizó en la literatura global más reciente (2020-2025), un período donde la normalización de la educación digital pudo moderar algunos de los efectos iniciales excepcionalmente altos observados durante la adopción de emergencia.

En contraste con estudios que han encontrado una clara superioridad del aprendizaje combinado, los resultados no identificaron diferencias significativas entre las modalidades totalmente en línea y blended. Este resultado discrepa de la conclusión de Al-Qahtani y Higgins, (2013), quienes reportaron una ventaja sustancial del formato combinado sobre el completamente en línea y el tradicional. Una posible explicación reside en la evolución de las herramientas y diseños pedagógicos para entornos completamente virtuales post-pandemia, los cuales han mejorado en interactividad y soporte, cerrando así la brecha de efectividad que estudios anteriores pudieron haber capturado cuando el e-learning puro era menos sofisticado.

De manera similar, el resultado de un efecto positivo robusto corrobora los resultados de investigaciones cuasi-experimentales recientes en contextos específicos. Por ejemplo, Alsalhi et al., (2021) demostraron que el blended learning mejoró significativamente el rendimiento en un curso de matemáticas universitarias, mientras que Mitrović et al., (2024) encontraron que este modelo superó a la enseñanza tradicional incluso durante la crisis del Covid-19. El meta-análisis generaliza estas evidencias puntuales, confirmando que la tendencia favorable trasciende fronteras y distintos diseños curriculares, consolidando así una base empírica más amplia para el campo.

Sin embargo, la elevada heterogeneidad estadística (I^2 = 87.11%) detectada en el estudio revela una variabilidad subyacente que matiza la interpretación de un efecto promedio único. Esta inconsistencia entre estudios primarios no es inusual en la literatura; por ejemplo, Zwart et al., (2020) encontraron que los materiales digitales no produjeron diferencias significativas en el aprendizaje de matemáticas en enfermería en comparación con la formación presencial. El análisis cuantifica esta variabilidad a escala agregada, subrayando que el éxito del e-learning dista de ser uniforme y está fuertemente condicionado por factores moderadores no observados en el promedio.

Estos resultados refuerzan la premisa de que la mera tecnología no garantiza el aprendizaje. La efectividad parece depender críticamente de un diseño instruccional sólido, tal como lo enfatizan Geiger et al., (2018) en el desarrollo de módulos en línea para la formación docente. La variabilidad en los resultados puede reflejar, precisamente, la diversa calidad en la implementación pedagógica de las intervenciones de e-learning en los estudios primarios, donde algunos habrán integrado mejor los principios de andamiaje y retroalimentación que otros.

Además, el análisis de subgrupos que no halló diferencias entre modalidades coincide con la perspectiva de que la integración pedagógica es más determinante que la etiqueta del formato. Investigaciones como la de Tong et al., (2022) muestran que el éxito del blended learning reside en cómo se combinan y secuencian las actividades, no solo en la coexistencia de lo presencial y lo virtual. Por tanto, el resultado sugiere que, con un diseño de alta calidad, un curso completamente en línea puede alcanzar un impacto equivalente a uno híbrido, desafiando suposiciones binarias sobre la superioridad intrínseca de un modelo sobre otro.

Por otra parte, la robustez del efecto combinado confirmada por el análisis de sensibilidad leave-one-out otorga una gran confiabilidad a la estimación principal. Esta solidez metodológica fortalece la validez de las conclusiones en comparación con estudios de caso individuales, los cuales, aunque

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

valiosos como el de Öztürk y Güneş, (2023) en enfermería, están más sujetos a influencias de contextos locales específicos. El meta-análisis mitiga este riesgo al demostrar que el resultado positivo persiste independientemente de cualquier estudio individual en la muestra.

No obstante, es crucial reconocer las limitaciones del enfoque agregado. Mientras que estudios cualitativos o de métodos mixtos, como el de Nungu et al., (2023), pueden profundizar en los cómo y por qué detrás del aprendizaje colaborativo en línea, el análisis cuantitativo hecho en esta investigación sintetiza el cuánto. Ambas aproximaciones son complementarias; la síntesis señala la existencia y magnitud general de un efecto, mientras que la investigación primaria detallada es indispensable para descifrar los mecanismos causales y las condiciones de implementación óptimas.

En consecuencia, los resultados implican que las instituciones no deben enfocarse en elegir entre modalidades en línea o blended basándose únicamente en promesas de mayor efectividad. La evidencia sugiere que recursos y esfuerzos deben dirigirse hacia la calidad del diseño instruccional, la formación docente en competencias digitales pedagógicas (TPACK), como discuten Arévalo et al., (2019), y el desarrollo de materiales interactivos de calidad, como los juegos educativos evaluados por Nurfatanah et al., (2021).

Asimismo, la persistente alta heterogeneidad señala una agenda de investigación futura clara. Se requieren más estudios primarios que sistemáticamente reporten características de las intervenciones (e.g., tipo de interacción, nivel de andamiaje, rol docente) para permitir meta-análisis con análisis de moderadores más granulares. Investigaciones como la de Diržytė et al., (2025) sobre perfiles de aprendizaje autorregulado en entornos digitales apuntan en esta dirección necesaria.

Adicionalmente, los resultados poseen implicaciones prácticas inmediatas para docentes y diseñadores curriculares. Respaldan la inversión en e-learning bien estructurado, pero advierten contra su adopción acrítica. El éxito depende de trasladar los principios de una buena enseñanza, claridad de objetivos, práctica significativa, retroalimentación formativa, al entorno digital, tal como lo ejemplifica el uso de entornos virtuales para la construcción de conocimiento matemático descrito por Sucerquia et al., (2016). La tecnología es un medio poderoso, pero su eficacia final está mediada por la calidad de la pedagogía que la sustenta.

Conclusion

Las conclusiones del presente meta-análisis permiten establecer que la integración de modalidades digitales en la enseñanza universitaria de matemáticas constituye una estrategia pedagógica con un efecto positivo considerable en el desarrollo de competencias disciplinares. La evidencia sintetizada confirma que este impacto trasciende la mera incorporación tecnológica, apuntando hacia una reconfiguración significativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje. No obstante, la marcada heterogeneidad observada entre los estudios primarios subraya que la efectividad no es uniforme ni automática, sino que está sujeta a una compleja interacción de variables instruccionales, contextuales y afectivas. Esta variabilidad inherente resalta la importancia de evitar generalizaciones absolutas y enfatiza la necesidad de analizar las condiciones específicas que moderan los resultados.

En consecuencia, un resultado de particular relevancia es la ausencia de diferencias significativas entre las modalidades completamente en línea y los enfoques combinados o híbridos. Esta equivalencia en términos de efectividad desdibuja la supuesta superioridad intrínseca de un modelo sobre otro, desplazando el debate desde la elección de la plataforma hacia la calidad del diseño instruccional que la sustenta. La eficacia pedagógica final parece depender fundamentalmente de principios como la claridad de objetivos, la secuenciación adecuada de actividades, la provisión de retroalimentación formativa y la creación de andamiajes para el aprendizaje autónomo. Por lo tanto, la inversión institucional debe priorizar la formación docente en competencias digitales pedagógicas y el desarrollo de materiales interactivos de calidad, más que en la infraestructura tecnológica per se.

http://doi.org/10.59659/impulso.v.6i15.352

Estos resultados sugieren implicaciones tanto para la investigación futura como para la práctica educativa. Teóricamente, refuerzan la noción de que la tecnología actúa como un mediador cuyo valor es construido conjuntamente por las decisiones didácticas. Prácticamente, ofrecen un respaldo empírico para que los diseñadores curriculares centren sus esfuerzos en la integración pedagógica profunda, atendiendo a factores como la autorregulación del estudiante y la reducción de la ansiedad matemática. De esta manera, se recomienda que estudios posteriores adopten diseños de investigación que permitan aislar y medir la influencia de componentes instruccionales específicos, avanzando así hacia la identificación de principios de diseño generativos que maximicen el potencial de los entornos digitales para el aprendizaje matemático superior.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron a la conceptualización del estudio, al desarrollo metodológico, al análisis e interpretación de los datos, a la redacción del manuscrito y a la revisión crítica de su contenido intelectual. Asimismo, aprobaron la versión final para su publicación.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para esta investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Certificación ética: El protocolo del presente estudio fue sometido a revisión y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad, en cumplimiento de los principios éticos y normativas institucionales aplicables.

Referencias

Al-Qahtani, A. A. Y., and Higgins, S. E. (2013). Effects of traditional, blended and e-learning on students' achievement in higher education. *Journal of Computer Assisted Learning*, *29*(3), 220-234. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00490.x

Alsalhi, N. R., Al-Qatawneh, S., Eltahir, M., and Aqel, K. (2021). Does Blended Learning Improve the Academic Achievement of Undergraduate Students in the Mathematics Course?: A Case Study in Higher Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *17*(4), em1951. https://doi.org/10.29333/ejmste/10781

Anupan, A., and Chimmalee, B. (2024). Analysis of Undergraduate Students' Metacognitive Ability in Mathematical Problem-Solving Using Cloud Classroom Blended Learning. *Anatolian Journal of Education*, *9*(1), 1-18. https://eric.ed.gov/?id=EJ1424667

Arévalo, M. A. D., García, M. Á. G., y Hernández, C. A. S. (2019). Competencias TIC de los docentes de matemáticas en el marco del modelo TPACK: Valoración desde la perspectiva de los estudiantes. *Civilizar*, *19*(36), 115-132. https://doi.org/10.22518/usergioa/jour/ccsh/2019.1/a07

Berumen, E. L., Acevedo, S. S., y Reveles, S. G. (2021). Realidad aumentada como técnica didáctica en la enseñanza de temas de cálculo en la educación superior. Estudio de caso. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *11*(22). https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.890

Blanco, R. B., Palma, K. P., y Moreira, T. E. M. (2021). Estrategias cognitivas ejecutadas en la resolución de problemas matemáticos en una prueba de admisión a la educación superior. *Educación Matemática*, *33*(1), 240-267. https://doi.org/10.24844/EM3301.09

Castro, A. N., Aguilera, C. A., Chávez, D., Castro, A. N., Aguilera, C. A., y Chávez, D. (2022). Robótica educativa como herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en la formación universitaria de profesores de educación básica en tiempos de COVID-19.

Formación universitaria, *15*(2), 151-162. https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000200151

Cheng, J. N. (2021). Tecnologías de la Información y Comunicación en el Desarrollo de las Competencias Matemáticas en la Educación Virtual Universitaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *5*(3), 2908-2930. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.497

Cuno, R. Q., Cifuentes, L. J. C., Guadalupe, S. Y. G., Rupaylla, V. C., Huerta, J. A. A., Andia, M. J., y Hurtado, J. C. H. (2025). Educación híbrida y sus efectos en el aprendizaje de la matemática en el nivel superior. *European Public y Social Innovation Review*, *10*, 1-18. https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1279

de la Fuente, D. S., Hernández, M. S., y Pra, I. M. (2018). Vídeo educativo y rendimiento académico en la enseñanza superior a distancia. *RIED*, *21*(1), 323-336. https://doi.org/10.5944/ried.21.1.18326

Díaz, J. E. M. (2020). Tecnologías emergentes aplicadas en la enseñanza de las matemáticas. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, *38*. https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/371576

Diržytė, A., Sederevičiūtė-Pačiauskienė, Ž., and Šliogerienė, J. (2025). Latent profile analysis of motivated self-directed e-learning and collaborative e-learning: The role of peer-to-peer confirmation and subjective learning achievements. *Educational Technology Research and Development*. https://doi.org/10.1007/s11423-025-10569-9

Ershova, V., Gerasimova, I., and Kapuza, A. (2021). Math Is Not for Girl? Investigating the Impact of e-Learning Platforms on the Development of Growth Mindsets in Elementary Classrooms. *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, *3*, 91-113. https://ideas.repec.org//a/nos/voprob/2021i3p91-113.html

Farías, D., Pérez, J., y Urbano, M. (2020). Educación a distancia como herramienta didáctica de los docentes de matemáticas en carreras administrativas. *Revista Caribeña - QUALIS B1*, *9*(4). https://revistacaribena.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2270

García, F. J. P., Corell, A., Abella, V. G., y Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *21*, 26-26. https://doi.org/10.14201/eks.23086

Geiger, V., Mulligan, J., Date-Huxtable, L., Ahlip, R., Jones, D. H., May, E. J., Rylands, L., and Wright, I. (2018). An interdisciplinary approach to designing online learning: Fostering pre-service mathematics teachers' capabilities in mathematical modelling. *ZDM*, *50*(1), 217-232. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0920-x

Gregory, L., Villarosa, A. R., Ramjan, L. M., Hughes, M., O'Reilly, R., Stunden, A., Daly, M., Raymond, D., Fatayer, M., and Salamonson, Y. (2019). The influence of mathematics self-efficacy on numeracy performance in first-year nursing students: A quasi-experimental study. *Journal of Clinical Nursing*, *28*(19-20), 3651-3659. https://doi.org/10.1111/jocn.14963

Grisales, A. M. A. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: Retos y perspectivas. *Entramado*, *14*(2), 198-214. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751

Hidalgo, R. M. (2019). Deserción y reprobación, desde el enfoque del estudiantado en la educación superior, en el curso de Matemática General1. *Comunicación*, *28*(2), 17-27. https://doi.org/10.18845/rc.v28i2-2019.4926

Ibarra, M. A. M., Ruiz, S. D. C., Monrroy, S. L. C., Guacho, J. D. B., y Acosta, E. A. L. (2024). Metodologías de Enseñanza de Matemáticas Orientadas a la Educación Superior. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, *8*(5), 7. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9936412

López, M. V. P., Pérez, M. C. L., and Rodríguez, L. A. (2011). Blended learning in higher education: Students' perceptions and their relation to outcomes. *Computers y Education*, *56*(3), 818-826. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.023

Mahmud, A., Maccido, A., Umar, T. A., and Attahiru, A. (2025). Exploring The Effectiveness Of Blended Learning In Mathematics Education In Shehu Shagari College Of Education Sokoto: A Quasi-Experimental Study. *Int Inno. Maths, Statistics y Energy Policies*, *13*(2), 1-12. https://www.seahipublications.org/wp-content/uploads/2025/04/IJIMSEP-J-1-2025.pdf

Mendoza, H. H., Burbano, V. M., y Valdivieso, M. A. (2019). El papel del docente de matemáticas en Educación superior a distancia y virtual: Una mirada desde los métodos mixtos de investigación. *Espacios*, *40*(39), 1-13. https://www.revistaespacios.com/a19v40n39/a19v40n39p03.pdf

Mendoza, H. H., Burbano, V. M., Valdivieso, M. A., Mendoza, H. H., Burbano, V. M., y Valdivieso, M. A. (2019). El Rol del Docente de Matemáticas en Educación Virtual Universitaria. Un Estudio en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Formación universitaria*, *12*(5), 51-60. https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000500051

Mitrović, S., Božić, R., and Takači, Đ. (2024). Efficiency of blended learning of calculus content during the Covid19 crisis. *Interactive Learning Environments*, *32*(1), 52-66. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2076129

Monzón, M. Á. C. (2024). Inteligencia Artificial en el aula: Oportunidades y desafíos para la didáctica de la matemática y física universitaria. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, *4*(1), 193-207. https://doi.org/10.51660/ripie.v4i1.154

Moreno, A. J. G., Aznar, I. D., Cáceres, P. R., and Alonso, S. G. (2020). E-Learning in the Teaching of Mathematics: An Educational Experience in Adult High School. *Mathematics*, *8*(5). https://doi.org/10.3390/math8050840

Nungu, L., Mukama, E., and Nsabayezu, E. (2023). Online collaborative learning and cognitive presence in mathematics and science education. Case study of university of Rwanda, college of education. *Education and Information Technologies*, *28*(9), 10865-10884. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11607-w

Nurfatanah, N., Yudha, C. B., Marini, A., and Sumantri, M. S. (2021). Development of matemathic media games education based on e-learning in the Planting of Basic Concepts in Numeracy. *Journal of Physics: Conference Series*, *1869*(1), 012127. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012127

Ortiz, M. R., Chiluiza, K., Valcke, M., and Bolanos-Mendoza, C. (2025). How gamification boosts learning in STEM higher education: A mixed methods study. *International Journal of STEM Education*, *12*(1), 1. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00521-3

Öztürk, H., and Güneş, Ü. (2023). Effect of blended learning on nursing students' medication dosage calculation skills. *Teaching and Learning in Nursing*, *18*(2), 263-268. https://doi.org/10.1016/j.teln.2022.07.005

Rodríguez, O. T., Ávila, M. P. C., y Chourio, E. D. (2010). El modelo b-learning aplicado a la enseñanza del curso de matemática I en la carrera de ingenieria civil / The Model B-Learning applied to the theaching of course of Mathematics I in civil engineering. *Actualidades Investigativas en Educación*, *10*(3). https://doi.org/10.15517/aie.v10i3.10151

Rohendi, D., Wahyudin, D., and Kusumah, I. H. (2023). Online Learning Using STEM-Based Media: To Improve Mathematics Abilities of Vocational High School Students. *International Journal of Instruction*, *18*(1), 377-392. https://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2023_1_21.pdf

Setiawan, A. A., Muhtadi, A., and Hukom, J. (2022). Blended Learning and Student Mathematics Ability in Indonesia: A Meta-Analysis Study. *International Journal of Instruction*, *15*(2), 905-916. https://eric.ed.gov/?id=EJ1341691

Snegurenko, A. P., Павлович, C. A., Sosnovsky, S. A., Александрович, C. C., Novikova, S. V., Владимировна, H. C., Yakhina, R. R., Раифовна, Я. P., Valitova, N. L., Львовна, B. H., Kremleva, E. S., and Шамильевна, K. Э. (2019). Using e-learning tools to enhance students-mathematicians' competences in the context of international academic mobility programmes. *Integration of Education*, *23*(1), 8-21. https://doi.org/10.15507/1991-9468.094.023.201901.008-022

Sucerquia, E. A. V., Londoño, R. A. C., Jaramillo, C. M. L., y Borba, M. de C. (2016). La educación a distancia virtual: Desarrollo y características en cursos de matemáticas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, *48 (Mayo-agosto)*, 33-55. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7795758

Tong, D. H., Uyen, B. P., and Ngan, L. K. (2022). The effectiveness of blended learning on students' academic achievement, self-study skills and learning attitudes: A quasi-experiment study in teaching the conventions for coordinates in the plane. *Heliyon*, *8*(12), e12657. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12657

Zwart, D. P., Noroozi, O., Van Luit, J. E. H., Goei, S. L., and Nieuwenhuis, A. (2020). Effects of Digital Learning Materials on nursing students' mathematics learning, self-efficacy, and task value in vocational education. *Nurse Education in Practice*, *44*, 102755. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102755