

Eficacia del e-learning en el desarrollo de competencias matemáticas en maestrantes de una modalidad híbrida

Effectiveness of e-learning in developing mathematical competencies in master's students in a hybrid modality

 Luis Alberto Vásquez Muñoz¹

 Zulema Jacoba Llange Nieves²

 Cynthia Verina Núñez Rosales³

 Patricia Fernández Muriel⁴

 Miky Geronimo Ortiz Ramirez⁵

Resumen

Introducción: La educación superior ha incorporado progresivamente modalidades híbridas, generando la necesidad de evaluar la eficacia de estrategias digitales en disciplinas de alta exigencia cognitiva como las matemáticas, especialmente en procesos de formación avanzada.

Objetivo: Evaluar el efecto de una intervención basada en e-learning sobre el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de maestría en didáctica bajo modalidad híbrida.

Metodología: Se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo y diseño cuasi-experimental pretest-posttest con grupos no equivalentes. La muestra estuvo conformada por 62 maestrantes. La intervención se implementó mediante un módulo educativo en Moodle y los datos fueron analizados mediante ANCOVA para controlar diferencias iniciales entre grupos.

Resultados: Los resultados evidenciaron efectos positivos significativos y de gran magnitud derivados de la intervención basada en e-learning, con tamaños del efecto parcial (η^2) entre 0,338 y 0,739 ($p < 0,0001$). Las mayores ganancias ajustadas se observaron en Comunicación de Conceptos (4,18 puntos) y Diseño Didáctico (4,28 puntos), demostrando mejoras diferenciadas en las competencias evaluadas. Asimismo, la efectividad del modelo fue independiente del perfil profesional previo de los participantes. **Conclusiones:** El e-learning estructurado constituye una estrategia eficaz para fortalecer competencias matemáticas y didácticas avanzadas en modalidades híbridas de educación superior. Su implementación favorece aprendizajes significativos y equitativos, siempre que se articule con un diseño instruccional adecuado, recursos tecnológicos pertinentes y acompañamiento pedagógico.

Palabras clave: Educación a distancia; Educación superior; Educación posgraduada; Enseñanza de las matemáticas; Enseñanza semipresencial

Abstract

Introduction: Higher education has progressively integrated hybrid modalities, creating a need to evaluate the efficacy of digital strategies in cognitively demanding disciplines such as mathematics, particularly within advanced training processes. **Objective:** To evaluate the impact of an e-learning-based intervention on the development of mathematical competencies among graduate students in a Master's program in Mathematics Education under a hybrid learning model. **Methodology:** A

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú; ²Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú; ³Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú; ⁴Instituto Científico Tecnológico del Ejército. Lima, Perú; ⁵Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú
Artículo recibido 16 de mayo 2026 | Aceptado 04 de junio 2026 | Publicado 1 de julio 2026

Autor de correspondencia: lvasquezm@unmsm.edu.pe

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

Como citar: Vásquez Muñoz, L. A., Llange Nieves, Z. J., Núñez Rosales, C. V., Fernández Muriel, P., & Ortiz Ramirez, M. G. (2026). Eficacia del e-learning en el desarrollo de competencias matemáticas en maestrantes de una modalidad híbrida. *Tribunal, Revista en Ciencias de la Educación y Ciencias Jurídicas*, 6(16), 1-18. <https://doi.org/10.59659/revistatribunal.v6i16.515>

quantitative research study was conducted using a quasi-experimental, non-equivalent control group pretest-posttest design. The sample consisted of 62 graduate students. The intervention was implemented through a Moodle-based educational module, and data were analyzed using ANCOVA to control for initial differences between the groups. **Results:** The findings revealed significant positive effects of large magnitude resulting from the e-learning intervention, with partial eta squared values (η^2) ranging from 0.338 to 0.739 ($p < 0.001$). The highest adjusted gains were observed in Conceptual Communication (4.18 points) and Instructional Design (4.28 points), demonstrating differentiated improvements across the evaluated competencies. Furthermore, the model's effectiveness was independent of the participants' prior professional backgrounds. **Conclusions:** Structured e-learning constitutes an effective strategy for strengthening advanced mathematical and didactic competencies in hybrid higher education settings. Its implementation promotes significant and equitable learning, provided it is aligned with sound instructional design, relevant technological resources, and pedagogical support.

Keywords: Distance education; Blended learning; Higher education; Mathematics teaching Postgraduate education

Introducción

La educación superior contemporánea ha experimentado una transformación digital acelerada, integrando modalidades en línea e híbridas como componentes estructurales. Este paradigma, potenciado por circunstancias globales recientes, demanda evaluaciones rigurosas sobre la eficacia pedagógica de estos entornos, particularmente en disciplinas que requieren alto rigor conceptual como las matemáticas (Chacón et al., 2024; Xiong et al., 2025). La adopción de estas modalidades no es un mero cambio logístico, sino un replanteamiento profundo de los procesos de enseñanza-aprendizaje, cuyos impactos en el desarrollo competencial deben ser analizados con evidencia empírica sólida (Ricardo et al., 2020).

Concretamente, el e-learning ha emergido como una estrategia prometedora para facilitar el acceso a recursos diversificados y promover el aprendizaje autónomo y colaborativo (González, 2024; González, 2025). Estudios indican que entornos virtuales bien diseñados pueden fomentar la práctica autorregulada y mejorar la interacción entre pares, elementos cruciales para la construcción del conocimiento (Ebbini, 2023). Sin embargo, su eficacia no es universal y depende en gran medida de la calidad del diseño instruccional, la adecuación tecnológica y la naturaleza específica de la disciplina objeto de estudio.

En el ámbito específico de la educación matemática avanzada, el desarrollo de competencias trasciende la mera adquisición de procedimientos (Sofroniou, 2025; Sudiarta et al., 2018; Tovalino et al., 2024; Valderrama, 2021; Vlasenko et al., 2019). Para futuros especialistas en didáctica, es fundamental cultivar un razonamiento sofisticado, la capacidad de comunicar conceptos con claridad y el diseño de intervenciones pedagógicas efectivas (Vlasenko et al., 2019). Estas competencias integradoras representan el núcleo de la formación docente de posgrado y constituyen un desafío particular para las modalidades no presenciales.

La modalidad híbrida, que combina sesiones sincrónicas y asincrónicas, se postula como un marco flexible para dicho desarrollo. Investigaciones recientes destacan que este modelo puede ofrecer mayor flexibilidad y accesibilidad, potenciando la autonomía del estudiante sin sacrificar completamente la guía docente directa (Wu, 2024). No obstante, su implementación exitosa requiere una articulación consciente entre ambos componentes, donde el entorno virtual debe estar pedagógicamente integrado y no ser un mero repositorio de contenidos.

Evidencia previa sugiere que intervenciones en línea bien estructuradas pueden tener un impacto positivo en el rendimiento académico en matemáticas. Por ejemplo, el aprendizaje colaborativo en línea ha demostrado mejorar la adquisición de competencias esenciales (Medina y Del Rosario, 2022), mientras que estrategias como el aula invertida potencian el aprendizaje autodirigido y la motivación (Mohd et al., 2020). Estos resultados apuntan al potencial de las herramientas digitales cuando son aplicadas con intencionalidad pedagógica clara.

Sin embargo, la literatura también revela áreas de tensión y resultados heterogéneos. La percepción y efectividad de estas modalidades pueden variar según el contexto cultural, disciplinar y el perfil de los estudiantes (Freitas et al., 2025; Seric y Vernuccio, 2018). Además, factores como la preparación docente para la educación en línea y la calidad de la interacción en entornos virtuales son críticos y, en ocasiones, constituyen puntos débiles (Wardani et al., 2019).

Específicamente, en la formación de posgrado en didáctica de la matemática, la investigación sobre el efecto de intervenciones basadas exclusivamente en e-learning dentro de un esquema híbrido es aún incipiente. Se necesitan estudios que trasciendan la medición de rendimiento académico general y se enfoquen en competencias específicas y de orden superior propias de este nivel educativo (Kirsten y Greefrath, 2024). Esta laguna es particularmente relevante en contextos donde los programas híbridos se están consolidando.

Además, es fundamental considerar las variables contextuales y afectivas que moderan el aprendizaje. La autoeficacia, las habilidades de autorregulación y el acceso a la tecnología pueden influir significativamente en cómo los estudiantes se benefician de una intervención en línea (Kirsten y Greefrath, 2024). Ignorar estos factores en el análisis limita la comprensión holística de la eficacia del e-learning.

A nivel regional y local, la producción científica sobre esta intersección temática, e-learning, competencias matemáticas y posgrado híbrido, muestra un crecimiento, pero con espacios para una mayor profundización. Revisiones bibliométricas indican un aumento en las publicaciones sobre educación matemática y tecnología, aunque a menudo centradas en educación básica o pregrado (Acopio, 2025). Esto subraya la pertinencia de investigaciones focalizadas en el nivel de maestría.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto de una intervención basada en e-learning sobre el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de una Maestría en Didáctica de la Matemática bajo modalidad híbrida, mediante un diseño cuasi-experimental con grupos no equivalentes y mediciones pretest-postest, controlando estadísticamente las diferencias iniciales y analizando el impacto en competencias específicas de alto nivel.

Metodo

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental, durante el ciclo académico 2024-II. Este tipo de diseño se seleccionó ante la imposibilidad de asignar participantes aleatoriamente a los grupos, respetando así la integridad de las cohortes preexistentes en la maestría. El protocolo fue ejecutado en un periodo de 16 semanas, tiempo durante el cual se implementó la intervención pedagógica y se realizaron las mediciones correspondientes para evaluar la eficacia de la estrategia de e-learning en el contexto híbrido definido.

Posteriormente, el diseño experimental específico empleado fue un diseño cuasi-experimental de grupos no equivalentes con mediciones pretest y posttest. Se conformaron dos grupos intactos: un grupo recibió la intervención basada en un módulo de e-learning estructurado en la plataforma Moodle, y el otro grupo, continuó con la metodología híbrida convencional de la maestría. La variable independiente fue la intervención con e-learning, mientras que la variable dependiente fue el nivel de desarrollo de competencias matemáticas, operacionalizado a través de una evaluación estandarizada.

En cuanto a la población y muestra, la población de interés estuvo constituida por los 150 maestrantes matriculados en la Maestría en Didáctica de la Matemática bajo modalidad híbrida. La muestra, de carácter no probabilístico por conveniencia, quedó compuesta por 62 participantes distribuidos en dos grupos intactos (31 cada uno). El tamaño muestral se determinó mediante un cálculo de potencia estadística para una prueba t, con un efecto medio esperado ($d=0.5$), un poder de 0.80 y un alfa de 0.05. La extracción de la muestra se realizó por accesibilidad, incluyendo a todos los estudiantes de dos secciones distintas del mismo curso.

Específicamente, los criterios de inclusión aplicados fueron: estar formalmente matriculado en la maestría, haber cursado el módulo de fundamentos matemáticos previo y disponer de conectividad y dispositivos para acceder al entorno virtual. Se establecieron como criterios de exclusión: la participación previa en una experiencia de e-learning similar y la inasistencia a la sesión de aplicación del pretest. Estos criterios buscaron homogenizar la muestra en cuanto a conocimientos base y garantizar la exposición a la intervención, controlando variables extrañas relevantes.

En cuanto a las competencias matemáticas a medir en los maestrantes se definen operacionalmente desde un enfoque de conocimientos disciplinares y didácticos. Estas competencias, alineadas con los objetivos de la maestría en Didáctica, trascienden el cálculo y se centran en la capacidad de analizar, comunicar y diseñar enseñanza de la matemática. Se seleccionan tres competencias clave: 1) Razonamiento Matemático Avanzado, 2) Comunicación de Conceptos Matemáticos y 3) Diseño de Intervenciones Didácticas. Cada una se evaluó mediante ítems específicos en el instrumento pretest-posttest, permitiendo un análisis granular del efecto de la intervención.

Respecto a las técnicas e instrumentos, la técnica principal fue la evaluación estandarizada. El instrumento clave fue una prueba objetiva de competencias matemáticas, validada mediante juicio de cinco expertos ($CVI=0.92$) y una prueba piloto que arrojó una alta confiabilidad ($\text{Alfa de Cronbach}=0.87$). Esta prueba, aplicada como pretest y posttest, midió dimensiones como resolución de problemas, modelación y

razonamiento. Adicionalmente, se utilizó una rúbrica analítica para evaluar actividades asincrónicas en la plataforma, y un cuestionario de caracterización sociodemográfica.

Para el análisis de los datos, se emplearon métodos estadísticos inferenciales y descriptivos. Inicialmente, se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene). Para comparar los grupos en el pretest y verificar la equivalencia inicial, se utilizó la prueba t para muestras independientes. La evaluación del efecto de la intervención se realizó mediante un análisis de covarianza (ANCOVA), utilizando el puntaje del pretest como covariable para controlar las diferencias iniciales entre los grupos no equivalentes, comparando los puntajes ajustados del postest.

En relación con el software estadístico, todo el análisis cuantitativo se procesó utilizando el programa Rstudio. Este software permitió la depuración de la base de datos, la generación de estadísticos descriptivos (medias, desviaciones estándar) y la ejecución de las pruebas inferenciales antes mencionadas (pruebas t, ANCOVA). Los resultados se presentaron en tablas y gráficos generados por el mismo paquete, asegurando precisión en los cálculos y replicabilidad del proceso analítico.

Asimismo, en materia de principios éticos, la investigación se rigió por las normativas internacionales (Declaración de Helsinki) y fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación de la universidad. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes, garantizando la confidencialidad de sus datos (anonimización mediante códigos), la voluntariedad de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias académicas. Los riesgos fueron considerados mínimos y se planificó la devolución de los resultados agregados a la comunidad académica involucrada.

Resultados

La muestra final del estudio compuesta por 62 maestrantes, se distribuyó equitativamente en dos grupos de 31 participantes cada uno. En cuanto a la edad, los integrantes del primer grupo (control) presentaron una media de 36.3 años (DE = 5.5), mientras que los del segundo grupo (experimental) mostraron una media ligeramente inferior de 35.3 años (DE = 6.1). Esta proximidad en los promedios y en la dispersión de los datos sugiere un perfil etario similar y maduro entre los participantes de ambos grupos, lo cual es característico de estudiantes de posgrado y un factor relevante para la homogeneidad inicial de la muestra en esta variable sociodemográfica.

Respecto a la distribución por sexo, la composición fue idéntica en ambos grupos. En cada uno de ellos, 18 participantes eran mujeres, lo que representa el 58.1% del total del grupo, y 13 eran hombres, constituyendo el 41.9% restante. Esta equivalencia exacta en la proporción de mujeres y hombres entre los grupos intactos es un dato favorable, ya que controla potenciales variaciones atribuibles al género en la medida inicial, permitiendo un mayor aislamiento del efecto posterior de la intervención pedagógica sobre las competencias evaluadas.

Por otro lado, los resultados descriptivos de los puntajes de los grupos control y experimental, revelan una tendencia al incremento en los promedios de las tres competencias matemáticas evaluadas. Para la competencia de Razonamiento Matemático

Avanzado (P_RMA), la media pasó de 10.91 (DE = 2.23) en el grupo experimental a 11.27 (DE = 2.26) en el control. En la Comunicación de Conceptos Matemáticos (P_CCM), el aumento fue más notable, de 10.03 (DE = 2.42) a 11.4 (DE = 1.92). La mejora más sustancial se observó en el Diseño de Intervenciones Didácticas (P_DID), con un avance de 8.43 (DE = 2.91) a 9.84 (DE = 1.92). La reducción en la desviación estándar en CCM y DID sugiere una menor dispersión de los puntajes tras la intervención.

Por otra parte, la verificación de la equivalencia inicial entre los grupos, previa a la intervención, es un paso metodológico crucial en diseños cuasi-experimentales. Los resultados de la prueba *t* para muestras independientes, presentados en la Tabla 1, revelan un panorama mixto respecto a la similitud de los grupos al inicio del estudio. Para la competencia de Razonamiento Matemático Avanzado (RMA), no se halló una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ($p = 0.538$), con un tamaño del efecto insignificante ($d = -0.157$). Este dato indica que, en esta dimensión cognitiva específica, ambos grupos partieron de un nivel de desarrollo comparable, cumpliendo con un supuesto deseable de equivalencia.

Adicionalmente, los resultados para la competencia de Comunicación de Conceptos Matemáticos (CCM) muestran una realidad diferente. Se identificó una diferencia media de -1.37 puntos a favor del grupo control, la cual resultó estadísticamente significativa ($p = 0.017$). El tamaño del efecto calculado ($d = -0.626$) puede interpretarse como moderado, según convenciones estándar. Este resultado señala que, de entrada, el grupo que posteriormente recibiría la intervención mostraba un nivel significativamente mayor en esta competencia comunicativa, lo cual constituye una diferencia inicial relevante que debe ser controlada estadísticamente (Tabla 1).

Por otro lado, un patrón similar se observa en la competencia de Diseño de Intervenciones Didácticas (DID). La diferencia inicial de -1.41 puntos también fue estadísticamente significativa ($p = 0.028$), con un tamaño del efecto moderado ($d = -0.573$). Por consiguiente, en dos de las tres competencias clave (CCM y DID), los grupos no fueron equivalentes al inicio del estudio, evidenciando que el grupo experimental poseía ventajas preliminares. Esta situación es común en diseños con grupos intactos y subraya la importancia de emplear técnicas analíticas que compensen estas disparidades. Adicionalmente, al analizar la Puntuación Global, que agrega el desempeño en las tres competencias, se confirma la falta de equivalencia inicial de manera más contundente. La diferencia global de -3.25 puntos resultó altamente significativa ($p = 0.003$) y presentó un tamaño del efecto grande ($d = -0.792$) (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de Grupos en Pretest (Equivalencia Inicial)

Variable	Grupo experimental	Grupo control	Diferencia	t(gl)	gl	p	d de Cohen
Pretest_RMA Razonamiento Matemático Avanzado	10.91	11.27	-0.35	0.619	60	0.538	-0.157
Pretest_CCM Comunicación de Conceptos	10.03	11.40	-1.37	2.463	60	0.017	-0.626

Variable	Grupo experimental	Grupo control	Diferencia	t(gl)	gl	p	d de Cohen
Pretest_DID Diseño de Intervenciones	8.43	9.84	-1.41	2.254	60	0.028	-0.573
Pretest_Global Puntuación Global	29.40	32.65	-3.25	3.117	60	0.003	-0.792

Antes de proceder con el análisis de covarianza (ANCOVA), es imperativo verificar el cumplimiento de sus supuestos estadísticos, lo cual garantiza la validez y robustez de las inferencias posteriores. Los resultados de esta verificación, detallados en la Tabla 2, confirman que los datos satisfacen plenamente los requisitos de normalidad, homocedasticidad y homogeneidad. En todos los casos, los valores p obtenidos superaron el nivel de significancia $\alpha=0.05$, permitiendo aceptar la hipótesis nula de que los supuestos se cumplen. Esta comprobación sistemática proporciona una base sólida para interpretar los efectos de la intervención mediante ANCOVA sin riesgo de violaciones metodológicas fundamentales.

Con respecto a la normalidad de los residuos, evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, los resultados no fueron significativos tanto para el grupo control ($p=0.679$) como para el experimental ($p=0.397$). Este resultado es crucial, ya que el ANCOVA, como técnica paramétrica, asume que los errores del modelo se distribuyen normalmente. El cumplimiento de este supuesto asegura que las pruebas F realizadas sobre los efectos principales sean fiables y que los intervalos de confianza para las medias ajustadas sean válidos (Tabla 2).

Por lo que se refiere al supuesto de homocedasticidad, la prueba de Levene indicó que las varianzas entre los grupos eran equivalentes para todas las competencias ($p > 0.05$). En consecuencia, la variabilidad de los puntajes posttest no difirió sistemáticamente entre el grupo intervenido y el grupo de control. Esta homogeneidad en la dispersión es esencial para garantizar que la comparación de medias ajustadas sea equitativa y no esté sesgada por diferencias en la varianza residual de cada condición experimental (Tabla 2).

En cuanto al supuesto de homogeneidad de las pendientes de regresión, el análisis de la interacción entre el puntaje pretest y la pertenencia al grupo no reveló efectos significativos ($p > 0.05$). Dicho de otro modo, la relación entre el puntaje inicial y el final fue paralela en ambos grupos. Este resultado valida el uso del pretest como covariable, puesto que su efecto sobre el posttest es consistente independientemente de la condición experimental, permitiendo así un ajuste estadístico apropiado y una estimación no contaminada del efecto principal de la intervención con e-learning (Tabla 2).

Cabe añadir que la verificación global de estos supuestos, incluyendo la puntuación total, también arrojó resultados no significativos ($p > 0.05$). En síntesis, el cumplimiento integral de los supuestos del ANCOVA en todas las dimensiones competenciales medidas permite proceder con confianza a la interpretación de los efectos de la intervención, asegurando que las conclusiones inferenciales se sustentan en una base metodológica robusta y apropiada para el diseño cuasi-experimental empleado (Tabla 2).

Tabla 2. Verificación de supuestos para los análisis ANCOVA por competencia

Competencia	Supuesto / Prueba	Grupo / Parámetro	Estadístico	p	Conclusión ($\alpha=0.05$)
Normalidad (Shapiro-Wilk)	Distribución normal de los residuos	Control	$W = 0.975$	0.679	Se cumple ($p > .05$)
		Experimental	$W = 0.965$	0.397	Se cumple ($p > .05$)
RMA	Homocedasticidad (Levene)		$F(1,60) = 0.237$	0.628	Se cumple ($p > .05$)
CCM	Homogeneidad de pendientes (Interacción Pretest×Grupo)		$F(1,58) = 1.956$	0.167	Se cumple ($p > .05$)
	Homocedasticidad (Levene)		$F(1,60) = 0.383$	0.538	Se cumple ($p > .05$)
	Homogeneidad de pendientes (Interacción Pretest×Grupo)		$F(1,58) = 0.089$	0.767	Se cumple ($p > .05$)
DID	Homocedasticidad (Levene)		$F(1,60) = 0.727$	0.397	Se cumple ($p > .05$)
	Homogeneidad de pendientes (Interacción Pretest×Grupo)		$F(1,58) = 1.299$	0.259	Se cumple ($p > .05$)
Global	Homocedasticidad (Levene)		$F(1,60) = 0.002$	0.965	Se cumple ($p > .05$)
	Homogeneidad de pendientes (Interacción Pretest×Grupo)		$F(1,58) = 0.621$	0.434	Se cumple ($p > .05$)

El análisis de covarianza (ANCOVA) reveló la existencia de efectos principales estadísticamente significativos y sustanciales atribuibles a la intervención con e-learning en las tres competencias matemáticas evaluadas, tras controlar las diferencias iniciales identificadas en el pretest. Para cada competencia, la comparación de las medias ajustadas del postest entre grupos mostró diferencias positivas y altamente significativas ($p < .0001$), con tamaños del efecto parcial (η^2) que oscilaron entre grande y muy grande. Estos resultados indican que la intervención pedagógica en línea tuvo un impacto positivo y diferenciado en el desarrollo competencial de los maestrantes, más allá de lo explicado por su nivel de partida (Tabla 3).

En primer término, para la competencia de Razonamiento Matemático Avanzado (RMA), se observó una ganancia ajustada de 1.99 puntos a favor del grupo experimental. El tamaño del efecto parcial fue grande ($\eta^2 = 0.338$), lo que sugiere que aproximadamente el 34% de la varianza en los puntajes postest de RMA puede atribuirse a la intervención, una vez controlado el pretest. Si bien este es el efecto de menor magnitud entre las tres competencias, su significancia estadística robusta ($p = 9.01 \times 10^{-7}$) confirma que el e-learning también promueve el desarrollo de habilidades de razonamiento complejo y abstracto (Tabla 3).

Un resultado particularmente relevante corresponde a la competencia de Comunicación de Conceptos Matemáticos (CCM), donde la diferencia de medias ajustadas fue de 4.18 puntos. El tamaño del efecto aquí fue muy grande ($\eta^2 = 0.558$), explicando más del 55% de la varianza. Este resultado sugiere que los entornos virtuales estructurados, con sus herramientas para discusión asincrónica y elaboración de recursos explicativos, son

especialmente propicios para desarrollar la capacidad de articular y transmitir ideas matemáticas con claridad, una habilidad fundamental para la futura práctica docente de los participantes (Tabla 3).

En lo que concierne a la competencia de Diseño de Intervenciones Didácticas (DID), se registró la mayor ganancia absoluta (4.28 puntos) con un tamaño del efecto también muy grande ($\eta^2 = 0.520$). La potencia de la intervención en esta dimensión podría deberse a la naturaleza misma del módulo de e-learning, que probablemente modeló y permitió practicar el diseño instruccional en un entorno digital. Esto indica que el e-learning no solo enseña contenido, sino que puede ser un medio efectivo para desarrollar competencias pedagógicas de planificación y diseño (Tabla 3).

Cabe destacar finalmente el resultado para la Puntuación Global, que consolida el impacto integral de la intervención. La diferencia ajustada de 10.7 puntos y un tamaño del efecto extraordinariamente grande ($\eta^2 = 0.739$) demuestran que el efecto positivo fue consistente y acumulativo a través de todas las competencias. La significancia estadística máxima ($p < 2.2 \times 10^{-16}$) ofrece una evidencia contundente de que la intervención basada en e-learning fue eficaz para promover un desarrollo competencial global y significativo en los maestrantes dentro de la modalidad híbrida (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados ANCOVA por competencia

Competencia	Grupo Control: Media ajustada (IC 95%)	Grupo Experimental: Media ajustada (IC 95%)	Diferencia (Experimental – Control)	Error estándar	p-valor diferencia	η^2 parcial	F(1,59) para el efecto Grupo	p-valor efecto Grupo
RMA	12.6 (12.1, 13.1)	14.6 (14.1, 15.1)	1.99	0.362	< .0001	0.338	30.11	9.01×10^{-7}
CCM	12.1 (11.4, 12.8)	16.3 (15.6, 17.0)	4.18	0.485	< .0001	0.558	74.45	4.78×10^{-12}
DID	11.1 (10.3, 11.8)	15.3 (14.6, 16.1)	4.28	0.535	< .0001	0.520	64.02	5.44×10^{-11}
Global	35.7 (34.6, 36.8)	46.4 (45.2, 47.5)	10.7	0.825	< .0001	0.739	166.92	$< 2.2 \times 10^{-16}$

El análisis de varianza de triple interacción examinó si el efecto de la intervención sobre la competencia global difería según el perfil profesional de los participantes, controlando la influencia del puntaje pretest. Los resultados, sintetizados en la Tabla 4, muestran que la única fuente de variación estadísticamente significativa fue el puntaje pretest ($p = 0.009378$), lo que confirma su papel como covariable predictora robusta del rendimiento final. Ninguno de los efectos principales del Grupo (intervención) o del Perfil profesional, ni sus interacciones de segundo o tercer orden, alcanzó significancia estadística ($p > 0.05$). Esto sugiere que la efectividad de la intervención de e-learning fue consistente a través de los distintos perfiles profesionales presentes en la muestra.

Además, la no significancia del efecto principal del Grupo ($p = 0.608289$) en este modelo específico puede parecer contradictoria respecto a los fuertes efectos hallados en el ANCOVA. Sin embargo, esta aparente discrepancia se explica porque el modelo de triple interacción incluye términos de interacción que parcelan la varianza. La ausencia de un efecto principal aquí no invalida el efecto causal encontrado previamente, sino que indica que, al modelar simultáneamente el perfil y sus interacciones, la varianza atribuible únicamente a la condición experimental se reduce y no alcanza significancia por separado en este modelo más complejo (Tabla 4).

En cuanto a la influencia del perfil profesional, los resultados indican que no hubo un efecto principal significativo ($p = 0.521885$) ni interacciones significativas con el Grupo o con el Pretest. Por consiguiente, la ganancia en la competencia global derivada de la intervención de e-learning no fue moderada por la variable perfil profesional. Este resultado es valioso, pues sugiere que la efectividad de la estrategia pedagógica en línea fue generalizable y no dependió de las particularidades de la trayectoria laboral previa de los maestrantes, al menos dentro de la diversidad capturada en este estudio (Tabla 4).

Adicionalmente, la falta de significancia en todas las interacciones (Pretest×Grupo, Pretest×Perfil, Grupo×Perfil y Pretest_Global×GrupoxPerfil) refuerza la interpretación de que la relación entre el pretest y el posttest, así como el efecto de la intervención, fueron homogéneos entre los distintos subgrupos definidos por el perfil. En síntesis, este análisis complementario revela que el poderoso efecto positivo de la intervención, previamente identificado, actuó de manera uniforme, sin verse significativamente potenciado o atenuado por las diferencias en los antecedentes profesionales de los participantes (Tabla 4).

Tabla 4. ANOVA de interacción triple para la competencia global considerando el perfil profesional

Fuente de variación	Suma de cuadrados (Sum Sq)	Grados de libertad (Df)	F	p (Pr(>F))
(Intercept)	1.03	1	0.1052	0.747125
Pretest_Global	72.21	1	7.3542	0.009378 **
Grupo	2.61	1	0.2663	0.608289
Perfil	22.41	3	0.7608	0.521885
Pretest_Global : Grupo	9.27	1	0.9445	0.336211
Pretest_Global : Perfil	23.53	3	0.7989	0.500872
Grupo : Perfil	18.57	3	0.6305	0.599051
Pretest_Global : Grupo: Perfil	20.63	3	0.7005	0.556603
Residuales	451.65	46	-	-

La matriz de correlaciones de Pearson, muestra las relaciones lineales entre las ganancias (diferencia posttest-pretest) obtenidas en cada una de las competencias evaluadas y la ganancia global. Los coeficientes revelan patrones diferenciados de asociación en el desarrollo competencial impulsado por la intervención. En términos generales, se observa que las mejoras en las competencias más pedagógicas (CCM y DID) están fuertemente correlacionadas entre sí y con el progreso global, mientras que la ganancia en RMA muestra una asociación moderada con el resto (Tabla 5).

En primer lugar, destaca la correlación muy alta y positiva entre la Ganancia_CCM y la Ganancia_DID ($r = 0.652$). Este resultado sugiere que los participantes que más mejoraron en su capacidad para comunicar conceptos matemáticos también fueron quienes mostraron un mayor avance en el diseño de intervenciones didácticas, y viceversa. Esta fuerte interconexión indica que la intervención de e-learning pudo haber desarrollado de manera integrada estas dos dimensiones clave de la competencia docente, posiblemente a través de actividades que requerían tanto la explicación como el diseño instruccional (Tabla 5).

Por otra parte, ambas ganancias (CCM y DID) correlacionan de manera muy fuerte con la Ganancia_Global ($r = 0.866$ y $r = 0.872$, respectivamente). Esto implica que el progreso general de los maestrantes estuvo impulsado principalmente por los avances en estas dos competencias. Dicho de otro modo, la contribución principal al puntaje global de mejora provino de las dimensiones comunicativa y de diseño pedagógico, lo que recalca el perfil didáctico de la intervención y su alineación con los objetivos de la maestría (Tabla 5).

En contraste, la Ganancia_RMA presenta correlaciones moderadas y notablemente más bajas con la Ganancia_CCM ($r = 0.360$) y la Ganancia_DID ($r = 0.333$). Si bien su asociación con la Ganancia_Global es moderadamente alta ($r = 0.620$), este patrón sugiere que el desarrollo del razonamiento matemático avanzado siguió una trayectoria algo más independiente. Esto podría indicar que la intervención promovió este tipo de razonamiento a través de mecanismos o actividades cognitivas diferenciadas de aquellas que fomentaban las habilidades más aplicadas y comunicativas (Tabla 5).

En síntesis, la estructura de correlaciones revela que la intervención generó dos núcleos de desarrollo: uno altamente integrado entre las competencias pedagógicas (comunicación y diseño) y otro, relativamente más independiente, centrado en el razonamiento avanzado. Este resultado es valioso para entender la arquitectura del cambio competencial inducido por el e-learning, mostrando que impactó tanto en habilidades de pensamiento puro como en habilidades aplicadas de enseñanza, aunque estas últimas mostraron una mayor interconexión en su progreso (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de correlaciones entre las ganancias de las competencias

Variable	Ganancia_RMA	Ganancia_CCM	Ganancia_DID	Ganancia_Global
Ganancia_RMA	1.000	0.360	0.333	0.620
Ganancia_CCM	0.360	1.000	0.652	0.866
Ganancia_DID	0.333	0.652	1.000	0.872
Ganancia_Global	0.620	0.866	0.872	1.000

Discusión

Los resultados de este estudio ofrecen evidencia robusta sobre la eficacia de una intervención estructurada de e-learning para desarrollar competencias matemáticas complejas en maestrantes de didáctica dentro de un contexto híbrido. Los análisis, tras controlar diferencias iniciales, revelaron efectos positivos, significativos y de gran magnitud, especialmente en las dimensiones de comunicación y diseño didáctico. Estos resultados se alinean y, a la vez, amplían la literatura existente sobre tecnología educativa en matemáticas superiores, al focalizarse en competencias de orden superior propias de la formación docente de posgrado, un nivel escasamente explorado en modalidades híbridas (Kirsten y Greefrath, 2024; Vlasenko et al., 2019).

En primer lugar, el efecto positivo global del e-learning corrobora resultados previos en otros niveles educativos. Por ejemplo, estudios como los de Medina y Del Rosario, (2022) y Wardani et al., (2019) también reportaron mejoras significativas tras intervenciones en línea en matemáticas escolares y pensamiento crítico en economía, respectivamente. Sin embargo, la magnitud del efecto observado en este estudio ($\eta^2 = 0.739$) supera considerablemente el efecto modesto ($g = 0.336$) identificado en el meta-análisis de Xiong et al., (2025). Esta discrepancia podría atribuirse al diseño pedagógico específico, de mayor duración y dirigido a una población altamente motivada, o a la medición de competencias integradas frente a rendimiento académico general.

Asimismo, la efectividad diferencial por competencia merece un análisis detallado. El impacto mayor en Comunicación de Conceptos Matemáticos (CCM) y Diseño de Intervenciones Didácticas (DID) sugiere que el entorno virtual, particularmente las herramientas asincrónicas y de colaboración, es un escenario fértil para desarrollar habilidades pedagógicas. Este resultado converge con estudios que destacan el potencial de los foros en línea para fomentar la competencia comunicativa matemática (Sudiarta et al., 2018) y con investigaciones que validan el aprendizaje basado en diseño en entornos digitales (Ebbini, 2023).

No obstante, el efecto relativamente menor, aunque significativo, sobre el Razonamiento Matemático Avanzado (RMA) introduce un matiz importante. Este resultado contrasta parcialmente con el meta-análisis de Sofroniou, (2025), que señala un impacto potente de las tecnologías digitales en la comprensión conceptual matemática. Una posible explicación reside en la naturaleza misma de la competencia de razonamiento avanzado, la cual podría requerir, además de interacción con recursos digitales, niveles de discusión síncrona y andamiaje experto más intensivos que los proporcionados en la intervención, un aspecto señalado por Cervantes et al., (2022) como crucial para el razonamiento profundo en línea.

Por otra parte, el patrón de correlaciones entre las ganancias en las competencias aporta una perspectiva novedosa. La fuerte asociación entre CCM y DID sugiere un desarrollo integrado de las capacidades pedagógicas, posiblemente facilitado por tareas que exijan tanto explicar cómo diseñar. Este resultado refuerza la idea de que el e-learning puede promover aprendizajes conectados, tal como se observa en estrategias de aprendizaje colaborativo (Medina y Del Rosario, 2022) y en el uso de salas de trabajo virtuales estructuradas (García y Benítez, 2011). La relativa independencia de la ganancia en RMA sugiere la activación de procesos cognitivos distintos.

En cuanto a la generalización del efecto, el análisis que incluyó el perfil profesional como variable moderadora no encontró interacciones significativas. Este resultado es alentador, pues indica que la intervención fue equitativa en su efectividad para maestrantes con distintas trayectorias laborales. Esto contrasta con estudios como el de [Herrera et al., \(2023\)](#), que alertan sobre cómo el aprendizaje en línea puede amplificar brechas, y sugiere que, en contextos con acceso y preparación adecuados, el e-learning puede funcionar como un igualador de oportunidades para el desarrollo profesional docente avanzado.

Otro punto de contraste surge al comparar estos resultados con investigaciones centradas en la percepción estudiantil. Mientras que [Wu, \(2024\)](#) y [Freitas et al., \(2025\)](#) reportan resistencias o percepciones menos favorables hacia el componente en línea en estudiantes de matemáticas o en modalidades b-learning, los sólidos resultados de aprendizaje obtenidos aquí sugieren una posible disociación entre percepción y efectividad objetiva. Esto subraya la importancia de medir resultados de aprendizaje más allá de la satisfacción, sin desdeñar la necesidad de gestionar aspectos afectivos y de carga de trabajo, como advierte ([Freitas et al., 2025](#)).

Además, el éxito de la intervención resalta el papel crítico del diseño instruccional intencional, más allá de la mera disponibilidad tecnológica. Esto coincide con las conclusiones de [Loughlin et al., \(2019\)](#), quienes enfatizan que el uso contextualizado y guiado de recursos en línea (LMS) es lo que correlaciona con mejores resultados. El módulo en Moodle utilizado en este estudio, validado y estructurado, actuaría como ese soporte contextualizado, facilitando tanto la práctica autorregulada como las interacciones colaborativas necesarias para la construcción de competencias complejas.

Sin embargo, es crucial reconocer las limitaciones contextuales que matizan la generalización de los resultados. La muestra, aunque adecuada en tamaño, fue por conveniencia y pertenece a un contexto institucional específico con estudiantes de posgrado probablemente más autónomos. Esto limita la extrapolación a pregrado o a contextos con brechas digitales marcadas, un riesgo documentado por [Herrera et al., \(2023\)](#). La efectividad replicable del modelo dependerá de garantizar condiciones de acceso y habilidades digitales base en la población objetivo.

Desde una perspectiva de formación docente, los resultados tienen implicaciones directas. La efectividad del e-learning para desarrollar competencias de diseño didáctico (DID) refuerza la urgencia de formar a los futuros profesores no solo en contenidos matemáticos, sino en pedagogía digital, tal como reclaman [Vlasenko et al., \(2019\)](#). Los programas de maestría en didáctica deben integrar experiencias de aprendizaje en línea bien diseñadas que modelen, precisamente, las prácticas de enseñanza que se espera que los maestrantes luego implementen.

Conclusión

La presente investigación aporta evidencia sobre la eficacia de una intervención pedagógica estructurada en entornos de e-learning para potenciar el desarrollo de competencias matemáticas complejas en estudiantes de posgrado bajo modalidad híbrida. Los resultados demuestran que la integración deliberada de un módulo virtual en un programa de maestría puede generar mejoras significativas y sustanciales en el perfil competencial de los futuros

especialistas en didáctica, trascendiendo la mera transmisión de contenidos para favorecer habilidades de orden superior necesarias para la práctica docente.

De manera más específica, el estudio revela que el impacto del e-learning es particularmente potente en el desarrollo de competencias de naturaleza didáctica y comunicativa. Esto sugiere que los espacios virtuales bien diseñados ofrecen un contexto fértil para actividades que requieren análisis, argumentación, diseño instruccional y comunicación de ideas matemáticas, habilidades fundamentales para la enseñanza. La efectividad diferencial según el tipo de competencia subraya la importancia de un diseño instruccional que alinee las herramientas digitales con objetivos de aprendizaje específicos.

Asimismo, se comprobó que la efectividad de la intervención fue consistente e independiente de los antecedentes profesionales diversos de los participantes. Este resultado es alentador, ya que indica que el e-learning bien estructurado puede actuar como una estrategia equitativa y generalizable dentro de una cohorte de posgrado, siempre que se garanticen las condiciones básicas de acceso y participación. La intervención demostró ser un recurso valioso para el desarrollo profesional docente, independientemente de la trayectoria laboral previa.

Desde una perspectiva didáctica, los resultados refuerzan la viabilidad y el valor de las modalidades híbridas en la educación superior avanzada. El estudio confirma que el componente en línea, lejos de ser un complemento menor, puede constituir el núcleo de una intervención transformadora cuando se articula con intencionalidad pedagógica clara. Esto implica que los programas de formación docente de posgrado deben incorporar experiencias de aprendizaje en línea que modelen, en sí mismas, las prácticas de enseñanza innovadoras que se pretenden promover.

Por último, la investigación destaca la centralidad del diseño instruccional sobre la tecnología por sí misma. El éxito de la intervención reside no en la plataforma utilizada, sino en su estructura pedagógica, la calidad de las interacciones que facilitó y la alineación con competencias específicas. Futuras investigaciones deberán explorar la sostenibilidad de estos logros a largo plazo, así como los mecanismos afectivos y cognitivos específicos que median el aprendizaje en estos entornos, para seguir optimizando el potencial del e-learning en la formación matemática especializada.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron en 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.

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

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

- Acopio, M. K. M. G. (2025). Unveiling Research Trends in Philippine Mathematics Education: A Comprehensive Bibliometric and Systematic Analysis. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 15(2), 1328-1341. <https://doi.org/10.23960/jpp.v15i2.pp1328-1341>
- Cervantes, G. C., Jiménez, G. B., y Martínez, R. S. (2022). Razonamiento Cuantitativo, Lenguaje y Matemáticas. *Zona Próxima*, 36, 76-92. <https://doi.org/10.14482/zp.36.510.71>
- Chacón, K. R., Morales, L. M., y García, O. M. (2024). Tendencias en la Investigación sobre Conocimiento Didáctico y Tecnología en la Educación Matemática: Un Estudio Bibliométrico. *Journal of Research in Mathematics Education*, 13(3), 220-244. <https://doi.org/10.17583/redimat.15107>
- Ebbini, E. (2023). Enhancing Collaborative and Self-Paced Learning in Traditional and Distance Education Settings. En A. Badran, E. Baydoun, S. Hillman, and J. Mesmar (Eds.), *Higher Education in the Arab World: E-Learning and Distance Education* (pp. 223-245). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33568-6_12
- Freitas, A., Neves, A. J., Viseu, F., Lemos-silva, M., Oliveira, N., Alves, C., Abreu, A. L., and Carvalho, P. (2025). University Students' Perceptions of the B-Learning Methodology. *Participatory Educational Research*, 12(5), 133-153. <https://doi.org/10.17275/per.25.67.12.5>
- García, M. L., y Benítez, A. A. (2011). Competencias Matemáticas Desarrolladas en Ambientes Virtuales de Aprendizaje: El Caso de MOODLE. *Formación universitaria*, 4(3), 31-42. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062011000300005>
- González, L. A. C. (2024). Desafíos y estrategias para superar la brecha digital en entornos universitarios: Una revisión sistemática. *Revista Multidisciplinaria Voces de América y el Caribe*, 1(1), 217-243. <https://doi.org/10.69821/REMUUVAC.v1i1.33>
- González, M. J. M. (2025). Aprendizaje de calidad y las brechas educativas virtuales. *European Public y Social Innovation Review*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1553>
- Herrera, V. N. E., Ilaquiche, M. O. T., Mendoza, H. E. A., Saavedra, I. M. C., y Bonilla, D. M. M. (2023). Estrategias de aprendizaje híbrido para mejorar la equidad educativa en zonas rurales. *Revista Científica Ciencia y Método*, 1(1), 55-69. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n1/10>
- Kirsten, K., and Greefrath, G. (2024). On-Campus vs Distance Tutorials in Preparatory Courses for Mathematics Student Teachers – Performance Gains and Influencing Factors. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 10(2), 547-576. <https://doi.org/10.1007/s40753-023-00221-3>
- Loughlin, W. A., Johnston, P. R., Brown, C. L., and Watters, D. J. (2019). Supporting the M in STEM Using Online Maths Support Modules. En C. N. Allan, C. Campbell, y J. Crough (Eds.), *Blended Learning Designs in STEM Higher Education: Putting Learning First* (pp. 265-287). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6982-7_15

- Medina, M. V., and Del Rosario, A. L. (2022). *Online Collaborative Learning and the Enhancement of Most Essential Learning Competencies in General Mathematics among Grade Eleven Senior High School Students* (SSRN Scholarly Paper No. 4049102). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=4049102>
- Mohd, M. A. N., Alaudin, R. I., Ismail, S., Mat, N. A. A., Mohd, F. N. F., Yusuff, N., and Mohd Pozi, M. S. (2020). The Effectiveness of Flipped Classroom Strategy on Self-Directed Learning Among Undergraduate Mathematics Students. *Practitioner Research*, 2(2), 61-81. <https://doi.org/10.32890/pr>
- Ricardo, C., Parra, J. D., Borjas, M., Cobo, J. V., y Cano, J. (2020). Potencial De La Educación a Distancia Para Reducir Brechas De Aprendizaje En Educación Superior: Una Mirada Al Caso Colombiano. *American Journal of Distance Education*, 34(2), 157-176. <https://doi.org/10.1080/08923647.2020.1756024>
- Seric, M., and Vernuccio, M. (2018). *How university students perceive different learning techniques: A study in Spain and Italy*. Valencia (Spain). <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1204892>
- Sofroniou, A. (2025). Advancing conceptual understanding: A meta-analysis on the impact of digital technologies in higher education mathematics. *Education Sciences*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/educsci15111544>
- Sudiarta, I. G. P., Sukajaya, I. N., and Suharta, I. G. P. (2018). Investigation on students' mathematical online discussion: A case study in grade 8 SMPN 1 Denpasar. *Journal of Physics: Conference Series*, 1040(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1040/1/012031>
- Tovalino, O. L. C., Arteaga, W. L. C., Solís, B. P. T., Tovalino, O. L. C., Arteaga, W. L. C., y Solís, B. P. T. (2024). Competencias matemáticas en la modalidad de educación virtual: Revisión sistemática. *Horizontes*, 8(33), 1140-1152. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i33.788>
- Valderrama, D. A. M. (2021). Competencias matemáticas: Una mirada desde las estrategias de enseñanza en educación a distancia. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, 16(2), 382-398. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8082668>
- Vlasenko, K., Chumak, O., Sitak, I., Lovianova, I., and Kondratyeva, O. (2019). *Training of Mathematical Disciplines Teachers for Higher Educational Institutions as a Contemporary Problem* (SSRN Scholarly Paper No. 3542374). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3542374>
- Wardani, D. K., Martono, T., Pratomo, L. C., Rusydi, D. S., and Kusuma, D. H. (2019). Online Learning in Higher Education to Encourage Critical Thinking Skills in the 21st Century. *International Journal of Educational Research Review*, 4(2), 146-153. <https://doi.org/10.24331/ijere.517973>
- Wu, H. (2024). Chinese university EFL learners' perceptions of a blended learning model featuring precision teaching. *Education Inquiry*, 0(0), 1-19. <https://doi.org/10.1080/20004508.2024.2361979>

Xiong, Y., Fang, S., and Shen, M. (2025). Meta-analyzing the effect of online learning on academic achievement in higher education during COVID-19 pandemic. *Interactive Learning Environments*, 33(2), 1712-1734.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2375347>