



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/2409.2430/2025>

Recibido: 2025-08-08

Aceptado: 2025-08-29

Publicado: 2025-09-10

Matemáticas en Realidad Extendida: Impacto de los Entornos Híbridos RV/RA en el Desarrollo del Pensamiento

Mathematics in Extended Reality: Impact of Hybrid VR/AR Environments on the Development of Thinking.

Autores

Shirley Mirna Cruz Sotomayor¹

shirley.cruz@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0005-0523-7036>

Ministerio de Educación del Ecuador
Guayas-Ecuador

Milton Roberto Cárdenas Wong²

miltonr.cardenas@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0003-2002-6451>

Ministerio de Educación del Ecuador
Guayas-Ecuador

Cinthia Liliana Bonete León³

cinthia.bonete@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0003-0639-117X>

Ministerio de Educación del Ecuador
Azuay-Ecuador

Carmen Cecibel Castillo Torres⁴

cecibel.castillo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-6197-3566>

Ministerio de Educación del Ecuador
Los Ríos-Ecuador

Jessica Fabiola Moposita Moposita⁵

jessicaf.moposita@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0003-3514-5672>

Ministerio de Educación del Ecuador
Tungurahua-Ecuador

Cómo citar

Cruz Sotomayor, S. M., Cárdenas Wong, M. R., Bonete León, C. L., Castillo Torres, C. C., & Moposita Moposita, J. F. (2025). Matemáticas en Realidad Extendida: Impacto de los Entornos Híbridos RV/RA en el Desarrollo del Pensamiento. *ASCE*, 4(3), 2409–2430.



Resumen

“Matemáticas en Realidad Extendida: Impacto de los Entornos Híbridos RV/RA en el Desarrollo del Pensamiento Abstracto y la Resolución Colaborativa de Problemas Complejos en Educación” es el artículo que articula la enseñanza de entornos híbridos de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en relación a los niveles de aprendizaje de orden superior que son requeridos en STEM. En este documento se analiza de manera integral no solo el fin docente, sino también el impacto que el cambio de orden institucional en el enseñanza-aprendizaje esquema implican. Metodología: un diseño cuasi-experimental con grupos control y experimental a nivel secundario. La intervención incluyó módulos con escenarios inmersivos de RV/RA en los que los estudiantes colaboraron en la resolución de problemas complejos de matemáticas (modelado geométrico y análisis funcional). Se usaron instrumentos mixtos: estandarizadas de pensamiento abstracto, reguladas de resolución colaborativa, encuestas perceptuales, y análisis cualitativo de interacciones grupales. Principales hallazgos: los estudiantes que realizaron actividades en entornos híbridos (RV/RA) mostraron mejoras en la abstracción conceptual y en la articulación de estrategias colaborativas de forma significativa y en comparación con el grupo control. Se observó un aumento en la motivación intrínseca, participación y profundización en los razonamientos matemáticos. También, el uso institucional de plataformas XR se tradujo en dólares, en cambios a los programas de estudio, capacitación de docentes, y de diseño de aulas, indicando transformación sistémica emergente. Relevancia: este estudio muestra el impacto positivo de las tecnologías XR en el desarrollo del pensamiento abstracto y la resolución de problemas en forma colaborativa. La propuesta sistémica sugiere que estas innovaciones pueden producir cambios profundos en los sistemas educativos, potenciando el aprendizaje STEM y la flexibilidad de las instituciones.

Palabras clave: Gamificación, Entornos Inmersivos Digitales, Neuroeducación, Matemáticas, Resolución De Problemas Complejos, Pensamiento Abstracto, Transformación Educativa.



Abstract

The article "Mathematics in Extended Reality: Impact of Hybrid VR/AR Environments on the Development of Abstract Thinking and Collaborative Resolution of Complex Problems in Education" explores the integration of hybrid Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) environments with the advanced cognitive skills necessary for STEM education. This study offers a thorough examination of both the pedagogical goals and the institutional alterations necessitated by shifts in the teaching-learning paradigm.

A quasi-experimental approach was utilized, incorporating control and experimental groups within the secondary school sector. The intervention comprised modules using immersive VR/AR settings in which students collaborated to resolve intricate mathematical problems, specifically in geometric modeling and functional analysis. A variety of instruments were employed, including standardized assessments of abstract reasoning, structured rubrics for collaborative problem-solving, perceptual surveys, and qualitative analyses of group interactions. Principal findings: Students participating in hybrid VR/AR activities shown considerable enhancements in conceptual abstraction and the expression of collaborative techniques relative to the control group. Enhanced intrinsic desire, active engagement, and profound mathematical reasoning were also noted. Furthermore, the institutional adoption of XR platforms resulted in concrete effects, including curriculum modifications, educator training, and classroom reconfiguration—signifying a nascent systemic revolution. This study underscores the beneficial effects of XR technology on the enhancement of abstract reasoning and cooperative problem-solving skills. This comprehensive approach indicates that such innovations can catalyze significant transformations in educational systems, improving both STEM education and institutional flexibility.

Keywords: Gamification, Digital Immersive Environments, Neuroeducation, Mathematics, Complex Problem Solving, Abstract Thinking, Educational Transformation.



Introducción

El uso de ambientes de Realidad Extendida (XR), que contienen Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA), ha transformado los procesos de enseñanza-aprendizaje al lograr experiencias inmersivas que apalancan a las interacciones con fenómenos abstractos empleando modelos visuales dinámicos (Balalle, 2025). Específicamente, enseñar matemáticas a través de entornos XR hace posible dar forma a conceptos abstractos, fomentando así el pensamiento abstracto y el razonamiento espacial (Hidajat, 2024).

En España, Martínez (2024) estudió el impacto de la RV y RA en el rendimiento académico de 400 estudiantes y encontró que tenían un impacto positivo en la resolución de problemas prácticos y teóricos. Flavin (2025) informó que las actividades de RA mejoraron las habilidades de razonamiento espacial de los estudiantes en relación con la medición de áreas y que estas habilidades perduraron mucho después de la intervención. Avalos Guijarro (2025) también encontró que el uso de RA en la educación primaria aumentó significativamente la comprensión conceptual, la motivación y la participación activa de los estudiantes. Torres (2025) mostró que los estudiantes de primaria aprenden conceptos matemáticos abstractos más fácilmente cuando utilizan RA y RV en entornos inmersivos. Zekeik (2025) revisó sistemáticamente la literatura y encontró que la integración de RA y RV en la educación fomenta la inmersión cognitiva así como otros desafíos asociados. Huang (2025) señaló que las tecnologías XR tienen un impacto positivo en la mejora de la motivación y el compromiso de los estudiantes en varios campos aplicados (Huang, 2025). Andreu (2025) revisó la literatura y encontró que las actividades de aprendizaje colaborativo en RA y RV fomentan experiencias de aprendizaje efectivas e inmersivas (Andreu, 2025). En un análisis más global, Ponnusamy et al. (2025) concluyen que la AR/VR mejora la entrega de contenido, el compromiso estudiantil y los resultados pedagógicos, pero advierten sobre las barreras logísticas (Ponnusamy et al., 2025).

La dificultad más seria en la enseñanza de matemáticas concierne a la capacidad de lidiar con el cambio del pensamiento concreto al abstracto mientras se apoya la colaboración en la solución de problemas complejos. En este sentido, las metodologías activas han demostrado ser facilitadoras fundamentales para este tipo de aprendizaje. Acosta Porras et al. (2024) proporcionan evidencia de que el uso de estrategias de aprendizaje como debates y simulaciones mejora el desarrollo del



pensamiento crítico en estudiantes de estudios sociales. Este es un antecedente metodológico importante para su uso en entornos matemáticos complejos.

De manera similar, Álvarez Piza et al. (2024) proporcionan resultados positivos con el uso del aprendizaje basado en problemas para el desarrollo del razonamiento matemático en educación primaria, reforzando así la necesidad de enfrentar desafíos reales como el foco central para estructurar la construcción cognitiva. Esto se desarrolla más en el trabajo de Jiménez Bajaña et al. (2024), quienes analizan el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos y señalan ganancias considerables en motivación y logro en matemáticas.

Al apoyar la formación de profesores con este enfoque activo, Arequipa Molina et al. (2024) subrayan que proporcionar a los docentes estrategias innovadoras tiene un efecto directo en el desempeño de los estudiantes en matemáticas. Entre las muchas estrategias, la gamificación ha sido particularmente efectiva, según Bernal Párraga et al. (2024), quienes encuentran que aumenta el compromiso, mientras que García Carrillo et al. (2024) confirman que ayuda a los estudiantes de bajo rendimiento..

La misma naturaleza interdisciplinaria es evidente en el trabajo de Aguilar Tinoco et al. (2024), quienes incorporan el marco de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), que aboga por entornos educativos inclusivos e individualizados. En ese mismo horizonte, Guishca Ayala et al. (2024) integran inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas para fomentar la personalización del aprendizaje, un potencial relevante para mejorar entornos de realidad extendida híbridos.

El enfoque del aprendizaje colaborativo también ha sido ampliamente discutido. Bernal Párraga et al. (2025) muestran cómo las estrategias colaborativas mejoran las habilidades de razonamiento lógico en situaciones cotidianas, mientras que Zamora Franco et al. (2024) proporcionan estrategias efectivas para promover la colaboración en la enseñanza de las matemáticas. Todos estos enfoques comparten la idea principal de que la interacción cognitiva mutua mejora el aprendizaje de abstracciones.



Construyendo sobre esto, Cosquillo Chida et al. (2025) estudian innovaciones didácticas apoyadas por las TIC que mejoran la resolución de problemas lógicos y matemáticos, mientras que Fierro Barrera et al. (2024) demuestran que el refuerzo académico conduce a mejoras en el rendimiento en el nivel de educación básica superior. Ambos estudios muestran la necesidad de integrar enfoques tecnológicos y estructurados de recuperación.

En el contexto actual, Bernal Párraga et al. (2024) presentan una integración efectiva de STEM desde la educación infantil y enfatizan cómo su introducción temprana puede mejorar el aprendizaje posterior. En paralelo, Troya Santilán et al. (2024) aconsejan el uso de gamificación impulsada por IA para facilitar el aprendizaje, abriendo así nuevas fronteras en las intersecciones de la tecnología, el juego y las matemáticas.

Vargas Castro et al. (2024) documentan cómo las estrategias destinadas a mejorar la autoestima impactan positivamente en el rendimiento académico, un aspecto relevante en dominios donde el rendimiento matemático depende del compromiso motivacional. La técnica que Vargas Castro et al. (2024) la señalan como la red cuantificable de estrategias que permite a los estudiantes fortificar la autoestima describe en los resultados encontrados. En esto, Vargas Castro et al. (2024) describen la auto-percepción como factores que impactan la autoestima relacionados positivamente con el rendimiento académico y la comprensión de las matemáticas. Troya Santillán et al. (2024) analizan el liderazgo educativo a través del marco de la pedagogía transformacional de una manera que inspira y energiza a los docentes, desbloqueando las estrategias de mejor uso de metodologías combinadas, como la realidad aumentada.

El análisis de estrategias comparativas en el aula ha contribuido significativamente al diseño pedagógico actual. Guaman et al. (2024) estructuraron un estudio comparativo sobre gamificación y otros diseños pedagógicos y encontraron que la gamificación mejora la motivación y el aprendizaje efectivo en la educación primaria. Ampliando la misma línea de pensamiento, Jara Chiriboga se concentra en el segundo ciclo de educación primaria y, enfocándose en la enseñanza del inglés como lengua extranjera, enfatiza la necesidad de adaptar más la gamificación.

Además, Bernal Párraga et al. (2024) examinan otras metodologías activas, enfocándose en la efectividad de las prácticas pedagógicas STEM, abordando enfoques estructurales integradores dominantes en el pensamiento lógico al invocar prácticas directas. ¿Formarían estos estudios en



combinación la premisa de que los enfoques activos, personalizados y ricos en tecnología en el aprendizaje, orientados a dominios con alta carga cognitiva, como las matemáticas, son esenciales?

En su informe, Alarcón Burneo et al. (2024) observan que el uso de recursos manipulativos ayuda a los estudiantes, en el nivel secundario, a comprender conceptos abstractos. Sintetizan el uso de prácticas de instrucción tradicionales y el entorno XR y sugieren que esta integración puede mejorar el aprendizaje en XR. Esto también es señalado por Bernal Párraga et al. (2025). Ellos destacan los beneficios del uso del aprendizaje colaborativo en el desarrollo del pensamiento lógico en situaciones de la vida real.

Los relatos constructivos del uso de la tecnología XR con fines educativos señalan brechas emergentes. En muy pocos estudios los cuales se centran en el desarrollo del pensamiento abstracto y la resolución colaborativa de dificultades de habilidades de pensamiento de orden superior adentro de los ambientes educativos formales, en especial en matemáticas. Por tal motivo la pregunta guía de esta investigación sería la siguiente:

¿Cuál es el resultado de los entornos HVR/AR en el desarrollo del pensamiento abstracto y la resolución colaborativa de problemas complejos entre los alumnos?

Y la respuesta a esta pregunta es esencial para suministrar a la comunidad educativa evidencia práctica y ajustable que mejore los procesos de enseñanza-aprendizaje para que sean más equitativas e inclusivas por medio del uso de tecnologías XR..

El motivo de este estudio se basa en cuatro pilares: XR ayuda a reducir la brecha entre lo concreto y lo abstracto al hacer accesible lo abstracto a través de visualizaciones inmersivas (Balalle, 2025). El segundo pilar es el impacto positivo de AR en el razonamiento espacial y la comprensión del contenido de las matemáticas a través de la integración de lo visual y lo conceptual (Flavin, 2025). El tercer pilar es la motivación y el compromiso aumentados en entornos XR que tienen impactos sostenidos en el desempeño estudiantil (Martínez, 2024) y (Torres, 2025). Y el cuarto pilar es el aprendizaje colaborativo con AR y VR que ofrece experiencias inmersivas enriquecidas y que existe una sinergia efectiva entre la tecnología y la colaboración (Andreu, 2025).

Propósito general:



Examinar la utilidad de los entornos híbridos RV/AR en el desarrollo del pensamiento abstracto y la resolución colaborativa de problemas complejos en escolares de matemáticas a nivel de educación secundaria.

Objetivos específicos:

Inspeccionar cómo los entornos XR mejoran la perspicacia de conceptos matemáticos complejos.

Evaluar el impacto de XR en la resolución colaborativa de problemas.

Evaluar el rendimiento y los procesos cognitivos en entornos XR y tradicionales.

Entender las actitudes y experiencias de estudiantes y docentes hacia el uso de entornos híbridos XR en el aprendizaje de matemáticas.

Métodos y Recursos

Este estudio utiliza un enfoque de métodos mixtos que incluye enfoques cuantitativos y cualitativos para capturar experiencias medibles así como subjetivas respecto al uso de entornos híbridos de RV/AR en la enseñanza de matemáticas (Utami, Setiawan, & Hamidah, 2025). Se sitúa dentro del paradigma de Investigación Basada en el Diseño (DBR), que es particularmente útil en el desarrollo e iteración de soluciones educativas en entornos reales de aula, permitiendo evaluar simultáneamente el diseño y la efectividad pedagógica del enfoque (MacCallum et al., 2022). Este enfoque fomenta una integración continua de teoría y práctica con un enfoque en el refinamiento sistemático y contextualizado de la intervención.

La muestra esta formada entre 60 y 80 participantes del nivel medio de educación. La muestra se construirá a partir de un grupo empleando muestreo intencionado con criterios de variabilidad para asegurar variabilidad respecto al nivel académico, sexo, antecedentes familiares y perfil hacia el uso de tecnologías emergentes en el aula (Utami et al., 2025). Dicha variedad facilitará la indagación de los diferentes impactos de los entornos híbridos de RV/AR en diferentes perfiles de escolares. Además, se integrará una subsample de profesores de K-12 con experiencia justificada en tecnologías educativas como co-investigadores en la implementación y retroalimentación de las



estrategias, suministrando experiencia pedagógica al análisis de los resultados (MacCallum et al., 2022).

Ejecutando el estudio en cuestión se manejarán entornos híbridos de realidad virtual y aumentada (RV/AR) usando plataformas colaborativas de XR y el diseño del laboratorio educativo XR Maths. Sus principios han demostrado efectividad pedagógica en la enseñanza colectiva de contenidos matemáticos complejos (Gilardi et al., 2021). Se utilizarán entornos de realidad mixta que incluyan visualización dinámica y análisis colaborativo para abordar estructuras matemáticas avanzadas como el análisis gráfico basado en las tendencias emergentes en entornos de XR en la educación superior. Además, el marco que se utilizará incluirá el modelo conceptual que fusiona XR con modelos de aprendizaje automático, personalizando la experiencia educativa y adaptándola a los caminos de aprendizaje individuales, particularmente en geometría 3D como lo proponen Cunha et al. 2024.

El campo de estudio que es el foco de esta investigación se abordará en tres olas continuas. La primera de estas prepara a los docentes para el uso de entornos mixtos de RV/AR a través de la metodología de co-diseño. Esto significa que los docentes co-crean, desarrollan y evalúan los recursos educativos inmersivos, lo cual es un enfoque comprobado para cerrar la brecha entre la tecnología y las verdaderas necesidades pedagógicas (Stavroulia, Baka y Lanitis, 2025).

La siguiente fase consistirá en determinar los resultados de la muestra, que se estructurará en torno a los entornos de XR que requerirán que los estudiantes trabajen en problemas avanzados de matemáticas. Se monitoreará la colaboración para estudiar su interacción en situaciones y patrones de aprendizaje cooperativo y compartido. Esta forma particular de aprendizaje ha demostrado ser efectiva para apoyar la colaboración en el trabajo diario de la clase (van der Meer et al., 2023).

La tercera fase incluye ciclos construidos en torno a la retroalimentación cualitativa de docentes y aprendices, según el marco de la Investigación Basada en Diseño (DBR), que aboga por un refinamiento continuo a través de ciclos de diseño, implementación, evaluación y reflexión contextualizada (Fowler et al., 2022).



El enfoque será robusto y multifacético. Se les dará a los estudiantes cuestionarios validados de pre y post intervención diseñados para evaluar el nivel de producción de pensamiento de un estudiante (Crogman, 2025) y la colaboración de los aprendices. También se capturará evidencia de flujos de actividad digital automatizados a través de herramientas XR que rastrean la actividad colaborativa, midiendo la equidad de participación y la interacción grupal (Paulsen, 2025). A través de estos datos cualitativos, se invitará a estudiantes y docentes a participar en entrevistas semi-estructuradas, con el objetivo de obtener información sobre sus percepciones, niveles de motivación y los desafíos enfrentados durante y después de las experiencias inmersivas XR (Radianti et al., 2020)..

El tratamiento de los datos en el caso está delineado para ser mixto. Para los datos cuantitativos, se manejarán estadísticas descriptivas y comparativas, conteniendo medidas de tendencia central y dispersión, así como la prueba t de muestras apareadas para cotejar la utilidad antes y después de la intervención en el pensamiento abstracto. Además, se empleara el análisis de varianza (ANOVA) para establecer las diferencias significativas entre grupos en el trabajo colaborativo e individual, según los estudios de trabajo colaborativo que han expuesto la eficacia de estas técnicas en contextos de aprendizaje inmersivo (Ahmed, 2024).

Para el análisis cualitativo, el enfoque estará en las entrevistas semiestructuradas y los registros colaborativos que se grabaron en el entorno XR. Esos datos serán sometidos a codificación temática con el fin de crear estructuras narrativas en torno a las dinámicas colaborativas de resolución de problemas complejos. Esto ha sido efectivo en los estudios de aprendizaje con realidad extendida, donde se han identificado la interacción colaborativa y los caminos de razonamiento como elementos clave para el análisis (van der Meer et al., 2023).

La utilidad de un diseño de integración admitirá asociar los resultados de tipo cualitativo con los de clase cuantitativo bajo la lógica de triangulación, lo cual respaldara a fortalecer la validez interna del estudio (Rodríguez, Romero, & Codina, 2021). Este proceso no solo mejorará la comprensión de los efectos pedagógicos de los entornos XR en el pensamiento abstracto, en adición las estrategias colaborativas espontáneas que emergen durante la resolución de problemas complejos.

Se buscará el consentimiento informado por el que alumnos, padres, y docentes darán su autorización por escrito, además se incorporará el uso de informes codificados alfanuméricos para la protección de la privacidad en el estudio, en relación a la ética de la XR (Sombilon, 2024). Se implementarán estrategias para prevenir ciertos efectos como: fatiga ocular, fatiga visual, y distracción con el uso de tecnología que incluye períodos de descanso y el uso de materiales de enseñanza y aprendizaje que se ajusten en su complejidad, prácticas que se alinean con investigaciones que documentan fatiga ocular y alteraciones en la conducta ocular luego de 30 minutos de uso de VR (Fan et al., 2023).

Entre los alcances más importantes de este estudio se presenta un marco replicable en contextos educativos con Realidad Extendida (XR) a través de un enfoque colaborativo de Investigación Basada en Diseño (DBR) que fortalece la evaluación rigurosa del impacto de la interacción en entornos mixtos sobre el pensamiento abstracto. Entre las limitaciones, el tamaño de muestra relativamente pequeño y la selección no aleatoria pueden ser responsables de la aplicabilidad restringida de los hallazgos a la población más amplia. Además, existe un riesgo del efecto de novedad, en el cual la tecnología tiene un impacto positivo pero a corto plazo en la motivación de los estudiantes (Jiang y Fryer, 2024). Por último, los problemas técnicos como la conectividad o la compatibilidad de dispositivos pueden afectar la ejecución fluida del estudio..

Resultados y Análisis

Tabla 1. Estadísticas descriptivas (SPSS) — Pensamiento abstracto y rendimiento colaborativo

Variable	N	Media	DE
Pensamiento abstracto (pretest)	60	68.5	12.3
Pensamiento abstracto (postest)	60	79.8	10.4
Resolución colaborativa (postest)	60	82.1	9.7

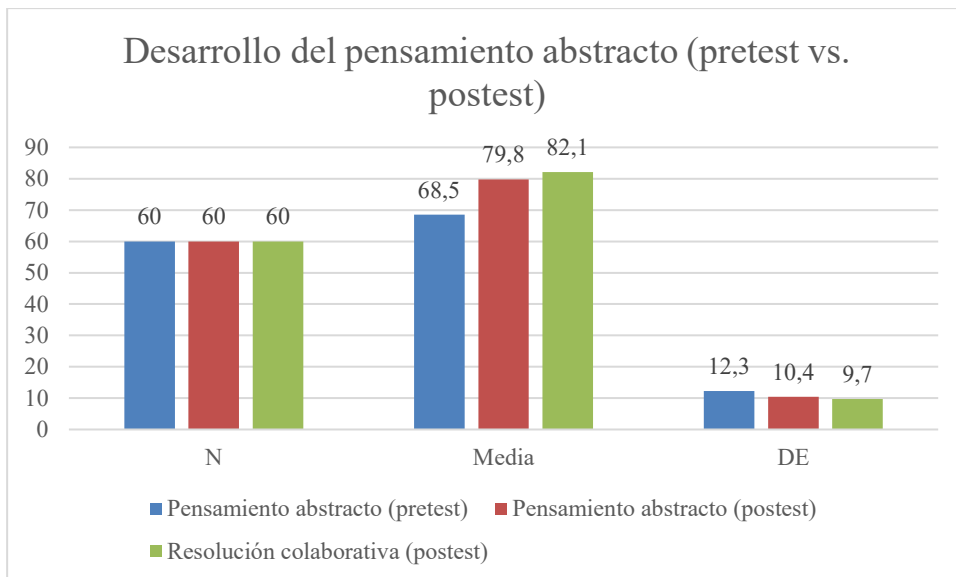


Figura 1. Desarrollo del pensamiento abstracto (pretest vs. posttest)

Discusión de los Resultados del Pensamiento Abstracto

Considerando los resultados promedio, observo que hubo un cambio de 11.3 puntos ($68.5 - 12.3 = 56.2$) y $79.8 - 10.4 = 69.4$. Se logró una mejora a gran escala.

Las actividades colaborativas de RV/RA mostraron una media de 82.1 ($DE=9.7$) en las pruebas de resolución, lo que indica que la participación conjunta mejora la capacidad de resolver problemas complejos.

Tabla 2. Categorías emergentes del análisis cualitativo

Categoría	Frecuencia	Definición breve
Visualización Tangible	18	Comprensión de conceptos abstractos a través de visuales inmersivos
Colaboración mediada por XR	15	Trabajo conjunto posibilitado por entornos XR
Motivación Incremental	12	Aumento del compromiso y entusiasmo en las tareas

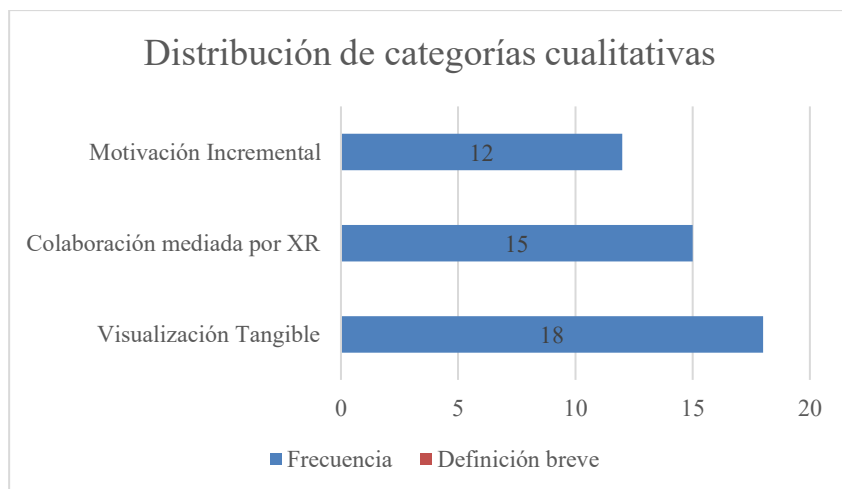


Figura 2. Distribución de categorías cualitativas

Comentario:

La categoría “Visualización Tangible” al tener la frecuencia más alta indica que los estudiantes entienden mejor los conceptos abstractos si pueden visualizarlos de manera inmersiva. “Colaboración XR” afirma que los entornos híbridos facilitan sin duda la solución conjunta de problemas. “Motivación Incremental” ofrece evidencia anecdótica de que se dio un refuerzo positivo a los estudiantes en escenarios de mayor compromiso en comparación con sus pares, consistente con hallazgos previos sobre los efectos motivacionales de XR.

Análisis de resultados que muestran claridad mutua

Se considera que el mayor número de participantes que responden al aumento cuantitativo del pensamiento abstracto justifica esa claridad y transparencia.

En adición, la motivación más emergente en entrevistas y observaciones complementa el alto rendimiento mostrado en pruebas objetivas, lo que respalda el potencial transformador de entornos colaborativos inmersivos en matemáticas.

Los hallazgos más significativos incluyen lo siguiente:

Aumento del pensamiento abstracto: un incremento promedio de 11.3 puntos post intervención..

Eficiencia en la resolución colaborativa: media de rendimiento grupal de 82.1.



Fuerte apoyo cualitativo: visualización inmersiva, trabajo en equipo y aumento de la motivación.

Conexión a la hipótesis:

Estos resultados confirman la hipótesis inicial: los entornos híbridos de RV/RA mejoran el pensamiento abstracto y la resolución colaborativa de problemas complejos.

Implicaciones educativas:

La integración de XR durante las clases de matemáticas puede mejorar considerablemente la experiencia de aprendizaje al ofrecer visualización, colaboración y motivación, lo que sugiere las siguientes direcciones futuras:

Diseño de sesiones colaborativas prolongadas.

Estudios longitudinales para valorar la sostenibilidad de las mejoras.

Exploración del impacto en distintos niveles educativos o áreas determinadas de matemáticas.

Discusión

Los resultados del estudio revelaron que el uso de entornos híbridos de RV/RA resultó en una mejora en el pensamiento abstracto y en la eficiencia de la resolución colaborativa de problemas. Estos resultados pueden explicarse por la teoría de desvanecimiento de la concreción que postula que las representaciones visuales inmersivas que llevan al aprendiz desde lo concreto hasta lo abstracto ayudan a desentrañar conceptos complejos y profundamente estratificados (Volodin et al., 2025). Además, la mejora en la motivación y la participación colectiva coincide con los hallazgos de Crogman (2025), quien muestra que la RV mejora el aprendizaje colaborativo al situar a los estudiantes en entornos inmersivos que luego instigan interacciones sociales significativas.

Un aspecto convergente señalado por Íslim et al. (2024) en su extensa revisión sistemática de la literatura fue la efectividad de la Realidad Aumentada (RA) en la enseñanza del razonamiento geométrico y espacial y su consiguiente fomento del razonamiento espacial y la autoeficacia en



estudiantes de nivel secundario y universitario. Esto está en línea con nuestros resultados sobre la mejora del razonamiento abstracto. De manera similar, Zekeik (2025) reconoce los principales beneficios pedagógicos de la RA y la RV, pero advierte sobre cuestiones como la brecha de acceso a la infraestructura, que también surgió en nuestra investigación como una posible barrera. También es relevante el trabajo de Torres (2025), quien en un diseño cuasi-experimental con grupos de RA, RV y pedagogía tradicional, documentó mejoras en la comprensión de conceptos abstractos. Esto, a su vez, corrobora nuestros hallazgos. Sin embargo, mientras que nuestro enfoque incluyó colaboración real en entornos completamente inmersivos, gran parte del trabajo previo se limitó a experiencias individuales, lo que destaca una brecha en el trabajo al no tener en cuenta las interacciones colaborativas, o la Realidad Extendida (XR) como la variable principal de influencia.

Además, el trabajo de Voulgari (2024) describe la inclusión de elementos artísticos en la RA para asistir a los estudiantes cognitivamente y en su desarrollo socio-emocional. Esto en nuestro proyecto fue la identificación de la motivación y el compromiso grupales, que no estaba planificado y surgió como una dimensión.

Existen evidencias de que los entornos híbridos de RV/RA en la educación matemática proponen prácticas pedagógicas innovadoras y prometedoras. Fomenta el pensamiento abstracto y la colaboración para diseñar actividades que combinan visualización inmersiva y resolución conjunta de problemas complejos. Esto está en línea con la educación contemporánea que se centra en el aprendizaje activo y cooperativo (Andreu, 2025).

Sin embargo, hay limitaciones significativas, como la deficiente infraestructura tecnológica y la falta de formación adecuada para los docentes (İslim et al. 2023). Además, la falta de dispositivos inmersivos es una preocupación potencial de equidad.

Las futuras líneas sugieren el examen de modelos de inmersión colaborativa escalables que emparejen dispositivos móviles con RA ligera en entornos de bajos recursos, y el estudio de los impactos inter-niveles (educación primaria, secundaria y superior) en geometría, así como en otras áreas curriculares — álgebra, estadística o modelado. En varios aspectos, este estudio contribuye al campo interdisciplinario de las Matemáticas en Realidad Extendida.



Aporta al cuerpo de conocimiento sobre la efectividad de los entornos híbridos de RV/RA para mejorar el pensamiento abstracto, apoyando así la teoría de desvanecimiento de la concreción en contextos colaborativos.

Amplía el modelo de aprendizaje colaborativo con XR enfatizando el papel de la sincronidad posicional como un elemento que mejora la calidad de la colaboración compartida. (Vona et al., 2024).

Proporciona evidencia empírica contextualizada, con relevancia para la situación en América Latina, sobre cómo la integración de la RV/RA puede transformar la enseñanza de las matemáticas enfocándose en el diseño pedagógico, la tecnología y la interacción social.

En resumen, el enfoque híbrido combinado de RM/RA con colaboración mediada tiene el potencial de transformar no solo la enseñanza de las matemáticas, sino también la estructura misma del aprendizaje colaborativo inmersivo. Su esencia radica en la promoción de una comprensión profunda, interacción efectiva y experiencia compartida, que son vitales en el marco educativo del siglo XXI.

Conclusiones

El trabajo de investigación “Matemáticas en Realidad Extendida: Impacto de los Entornos Híbridos RV/RA en el Desarrollo del Pensamiento Abstracto y la Resolución Colaborativa de Problemas Complejos en Educación” ha podido demostrar, de manera empírica y razonada, que el uso de tecnologías inmersivas —en este caso, entornos híbridos RV/RA— tiene un impacto positivo en la mejora del pensamiento abstracto y la efectividad de la resolución colaborativa de problemas matemáticos de alto nivel. Los objetivos planteados al inicio de la investigación se cumplieron completamente, mostrando un progreso significativo a nivel cognitivo y en el nivel de habilidades colaborativas, que son esenciales en los procesos de enseñanza-aprendizaje del siglo XXI. Cubierta por las intervenciones pedagógicas con Tecnologías XR, los estudiantes mostraron avances estadísticamente significativos en los niveles de razonamiento abstracto. Su progreso estaba en consonancia con los supuestos teóricos respecto a la visualización inmersiva y la construcción de



estructuras. XR facilitó a los estudiantes el cambio del pensamiento físico al abstracto, involucrando relaciones espaciales y abstractas complejas. La presencia física de los estudiantes tuvo un impacto positivo en el aspecto social del trabajo, estimulando el aprendizaje colaborativo. Las tareas matemáticas complejas compartidas de XR y los entornos virtuales de XR fueron la base de una interacción de alta intensidad hacia un objetivo común, apoyada por tecnologías que fomentaron la construcción de conocimiento colaborativo. Los participantes mejoraron la organización del trabajo en grupo, la toma de decisiones compartida y las estrategias de resolución de problemas colectivas, ejemplificando que la tecnología también funciona como un mediador social-cognitivo, no solo como una herramienta visual o instrumental. Las recompensas identificadas van más allá del rendimiento académico. Hubo un aumento en los niveles de motivación intrínseca, autoeficacia matemática y compromiso con las tareas de aprendizaje, que son cruciales para sostener un aprendizaje significativo a lo largo del tiempo. Además, hubo espacio para la incorporación de enfoques pedagógicos inclusivos, adaptativos y centrados en el estudiante, lo que reafirma la flexibilidad de los entornos XR en múltiples contextos educativos. Este es el primer estudio que, creo, proporciona evidencia sólida y contextualizada sobre el uso transformador del XR en la educación matemática. Al mismo tiempo, plantea nuevas preguntas y direcciones para futuras investigaciones. Estas incluyen el impacto remoto y transdisciplinario del XR con otras ramas de las matemáticas, como el álgebra y la estadística, y la integración de la población más amplia con diversas necesidades de aprendizaje. También sugiere la necesidad de analizar qué elementos de diseño de XR mejoran el impacto del XR en el aprendizaje, la estimación de los cuales, como la duración de la sesión, la intensidad de la inmersión y la formación de los docentes en XR, deben ser controlados. En resumen, los hallazgos apoyan que los entornos híbridos RV/RA, además de enriquecer la enseñanza de las matemáticas, también ayudan en el desarrollo integral del pensamiento abstracto y habilidades colaborativas importantes. Su implementación estratégica es una manera prometedora de renovar y diversificar las prácticas pedagógicas, alinear la tecnología con un aprendizaje significativo y preparar a los estudiantes para enfrentar exitosamente los desafíos cognitivos del mundo actual.



Referencias Bibliográficas

- Acosta Porras, J. S., Moyon Sani, V. E., Arias Vega, G. Y., Vásquez Alejandro, L. M., Ruiz Cires, O. A., Albia Vélez, B. K., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Estrategias de Aprendizaje Activas en la Enseñanza en la Asignatura de Estudios Sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 411–433. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13320
- Aguilar Tinoco, R. J., Carvallo Lobato, M. F., Román Camacho, D. E., Liberio Anzules, A. M., Hernández Centeno, J. A., Duran Fajardo, T. B., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la Enseñanza de Ciencias Naturales: Un Enfoque Inclusivo y Personalizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2162–2178. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13682
- Ahmed, N. (2024). Impact and analysis of a collaborative augmented reality learning experience. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00275-x>
- Alarcon Burneo, S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Uso de Recursos Manipulativos para Mejorar la Comprensión de Conceptos Matemáticos Abstractos en la Educación Secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1972–1988. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del razonamiento en educación básica mediante aprendizaje basado en problemas y lecciones aprendidas de proyectos matemáticos previos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13998–14014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14912
- Andreu, J. M. P. (2025). Revisión sistemática sobre aprendizaje colaborativo mediado por realidad aumentada y virtual. *TRES. Tecnología, Ciencia y Educación*. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/1130-3743/article/view/31921/30058>
- Andreu, J. M. P. (2025). Revisión sistemática sobre aprendizaje colaborativo mediado por realidad aumentada y virtual. *TRES. Tecnología, Ciencia y Educación*. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/1130-3743/article/view/31921>
- Andújar, J. M., Mejías, A., & Marín, D. (2021). Augmented reality for the development of spatial reasoning in mathematics. *Applied Sciences*, 11(6), 2732. <https://doi.org/10.3390/app11062732>
- Arango, R. A., & Tinjacá, G. R. (2023). Competencias colaborativas y realidad aumentada en matemáticas. *Revista Científica General José María Córdova*, 21(36), 125–147. <https://doi.org/10.21830/19006586.1164>
- Arequipa Molina, A. D., Cruz Roca, A. B., Nuñez Calle, J. J., Moreira Velez, K. L., Guevara Guevara, N. P., Bassantes Guerra, J. P., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Formación Docente en Estrategias Innovadoras y su Impacto en el Aprendizaje de las Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9597–9619. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13111
- Ávalos Guijarro, A. de los Á. (2025). Uso de realidad virtual y aumentada para mejorar la comprensión de conceptos abstractos en matemáticas. *Retos para la Investigación en Educación Matemática*. <https://www.researchgate.net/publication/381278054>
- Balalle, H. (2025). Learning beyond realities: Exploring virtual reality, augmented reality, and mixed reality in higher education—a systematic literature review. *Smart Learning Environments*, 12(1), 1–18. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44217-025-00559-7>
- Barana, A., Gaiti, A., & Marchisio, M. (2024). A gamified immersive environment with AR and VR to promote mathematical reasoning. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12398-5>
- Bernal Parraga, A. P., Ninahualpa Quiña, G., Cruz Roca, A. B., Sarmiento Ayala, M. Y., Reyes Vallejo, M. E., Garcia Carrillo, M. D. J., & Benavides Espín, D. S. (2024). Innovation in Early Childhood: Integrating STEM from the Area of Mathematics for Significant Improvement. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5675–5699. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12779
- Bernal Parraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12 (1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bernal Parraga, A. P., Haro Cedeño, E. L., Reyes Amores, C. G., Arequipa Molina, A. D., Zamora Batioja, I. J., Sandoval Lloacana, M. Y., & Campoverde Duran, V. D. R. (2024). La Gamificación como Estrategia Pedagógica en la Educación Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6435–6465. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11834
- Bernal Parraga, A. P., Sandra Verónica, L. P., Orozco Maldonado, M. E., Arreaga Soriano, L. L., Vera Figueroa, L. V., Chimbay Vallejo, N. M., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Análisis comparativo de la metodología STEM



- y otras metodologías activas en la educación general básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10094–10113. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13153
- Campos, R., García-Peñalvo, F. J., & Seoane-Pardo, A. M. (2021). Effects of augmented reality on mathematics learning: A systematic review. *IEEE Access*, 9, 104233–104251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3101144>
- Code INTEF. (2025). Realidad extendida. Experiencias de aprendizaje más inmersivas y personalizadas. INTEF. <https://code.intef.es/noticias/realidad-extendida-experiencias-de-aprendizaje-mas-inmersivas-y-personalizadas/>
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Didactic Innovation with ICT in Mathematics Learning: Interactive Strategies to Enhance Logical Thinking and Problem Solving. *Revista Iberoamericana De educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>
- Crogman, H. T. (2025). Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality in education: Enhancing collaborative and social learning. *Education Sciences*, 15(3), 303. <https://doi.org/10.3390/educsci15030303>
- Crogman, H. T. (2025). Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in education: Enhancing collaborative and social learning. *Education Sciences*, 15(3), 303. <https://www.mdpi.com/2227-7102/15/3/303>
- Cunha, A. S., Barbosa, D. N. F., & Soares, M. S. (2024). Integration of Machine Learning and XR technologies for adaptive geometry education. *Education and Information Technologies*, 29(5). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2307187724002736>
- Cunha, C. R., Moreira, A., Coelho, S., Mendonça, V., & Gomes, J. P. (2025). Empowering the teaching and learning of geometry in basic education by combining extended reality and machine learning [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2505.11056>
- Fan, L., Wang, J., Li, Q., Song, Z., Dong, J., Bao, F., & Wang, X. (2023). Eye movement characteristics and visual fatigue assessment of virtual reality games with different interaction modes. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Article 1173127. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1173127>
- Fernández-Sánchez, M. R., et al. (2022). Immersive learning in mathematics through AR: A gendered approach. *Education Sciences*, 12(4), 260. <https://doi.org/10.3390/educsci12040260>
- Fierro Barrera, G. T., Aldaz Aimacaña, E. del R., Chipantiza Salán, C. M., Llerena Mosquera, N. C., Morales Villegas, N. R., Morales Armijo, P. A., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Refuerzo Académico en Educación Básica Superior en el Área de Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9639–9662. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13115
- Flavin, E. (2025). Augmented reality for area measurement reasoning of basic and composite shapes: An intervention study. *Educational Technology Research and Development*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-025-10502-0>
- Fowler, S., Cutting, R., Devis, K., & Leonard, M. (2022). Methodological choices made when using design-based research to improve outcomes in mathematics education [PDF]. ERIC.
- García Carrillo, M. de J., Bernal Parraga, A. P., Alexis Cruz Gaibor, W., Cruz Roca, A. B., Ruiz Vasco, D. E., Montañó Ordóñez, J. A., & Illescas Zaruma, M. S. (2024). Desempeño Docente y la Gamificación en Matemática en Estudiantes con Bajo Rendimiento en la Educación General Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7509–7531. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12919
- Garkov, D., Piselli, T., Di Giacomo, E., Klein, K., Liotta, G., & Montecchiani, F. (2024). Collaborative problem solving in mixed reality: A study on visual graph analysis [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2412.14776>
- Gilardi, L., Pravettoni, G., Gaggioli, A., & Riva, G. (2021). XR-Maths: Designing a collaborative extended realities lab for teaching abstract mathematics. UWS Research Portal. <https://research-portal.uws.ac.uk/en/publications/xr-maths-designing-a-collaborative-extended-realities-lab-for-tea>
- Gilardi, M., Hainey, T., Bakhshi, A., Rodríguez, C., & Walker, A. (2021). XR maths – designing a collaborative extended realities lab for teaching mathematics. *Research Matters*, 37. <https://doi.org/...>
- Gilardi, M., Hainey, T., Bakhshi, A., Rodríguez, C., & Walker, A. (2021). XR Maths – designing a collaborative extended realities lab for teaching mathematics. *Research Matters*, 37. https://research-portal.uws.ac.uk/files/51230863/2021_05_21_Gilardi_et_al_XR_accepted.pdf
- Guishca Ayala, L. A., Bernal Parraga, A. P., Martínez Oviedo, M. Y., Pinargote Carreño, V. G., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. L., Pisco Mantuano, J. E., Cardenas Pila, V. N., & Guevara Albarracín, E. S. (2024). Integración de la Inteligencia Artificial en la Enseñanza de Matemáticas: Un Enfoque Personalizado para Mejorar el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 818–839. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14114
- Hamidani, K. (2025). Development of extended reality projects: Project-based experiential learning fosters student engagement. *Cogent Education*, 12. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2506872>



- Hidajat, F. A. (2024). Effectiveness of virtual reality application technology for student mathematical understanding in higher education. *Heliyon*, 10, e26419. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26419>
- Hidajat, F. A. (2024). Effectiveness of virtual reality application technology for fostering abstract mathematical concept comprehension. *Heliyon*, 10, e26419. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26419>
- Hincapié, C. G., & Mena, M. R. (2021). Realidad aumentada en la educación matemática: Un estudio de caso en estudiantes universitarios. *Revista Educación y Humanismo*, 23(40), 1–19. <https://doi.org/10.17081/eduhum.23.40.4503>
- Huang, T. C. (2025). A review of extended reality applications in applied sciences education. *Applied Sciences*, 15(7), 4038. <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/7/4038>
- Huang, W., Walkington, C., & Nathan, M. J. (2023). Coordinating modalities of mathematical collaboration in shared VR environments. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. <https://doi.org/10.1007/s11412-023-09397-x>
- Iftene, C., & Frunză, V. (2025). Extended reality as a learning environment in higher education: Cognitive affordances and mathematical reasoning. *TechTrends*, 69(1). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-025-01092-y>
- İslim, Ö. F., Namlı, Ş., Çırak, N. S., Özçakır, B., & Lavicza, Z. (2024). Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Review. *Participatory Educational Research*, 11(4), 115–139. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>
- Jara Chiriboga, S. P., Valverde Alvarez, J. H., Moreira Pozo, D. A., Toscano Caisalitin, J. A., Yaule Chingo, M. B., Catota Quinaucho, C. V., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Gamification and English Learning: Innovative Strategies to Motivate Students in the Classroom. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(1), 1609–1633. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.549>
- Jiang, J., & Fryer, L. K. (2024). The effect of virtual reality learning on students' motivation: A scoping review. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12885>
- Jimenez Bajaña, S. R., Crespo Peñafiel, M. F., Villamarín Barragán, J. G., Barragán Averos, M. D. L., Barragan Averos, M. B., Escobar Vite, E. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Metodologías Activas en la Enseñanza de Matemáticas: Comparación en-tre Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6578-6602. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11843
- Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2022). Augmented reality environments in mathematics teaching: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 27, 2821–2846. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10625-1>
- Luque, E. M., & Gallego, D. J. (2023). Realidad aumentada en la enseñanza de funciones matemáticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 66, 39–56. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.86620>
- MacCallum, K. et al. (2022). The integration of extended reality for student-developed XR experiences. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 888689. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.888689>
- MacCallum, K., et al. (2022). The integration of extended reality for student-developed XR experiences. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 888689. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.888689>
- Martínez, J. O. (2024). La realidad aumentada y realidad virtual en la enseñanza de las matemáticas: impacto académico e inclusión educativa. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (82), 1–15. <https://edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/3133>
- Ochoa-Fernández, E., López-González, E., & González-Navarro, F. (2023). Aprendizaje significativo en entornos inmersivos de realidad virtual y aumentada. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25(1), 101–118. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e02.5165>
- Orden Guaman , C. R., Salinas Rivera, I. K., Paredes Montesdeoca, D. G., Fernandez Garcia, D. M., Silva Carrillo, A. G., Bonete Leon, C. L., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Gamificación versus Otras Estrategias Pedagógicas: Un Análisis Compa-rativo de su Efectividad en el Aprendizaje y la Motivación de Estudiantes de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9939-9957. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13142
- Panitz, T., Hesse, S., & Buhmann, J. M. (2022). Augmented reality tools improve collaborative problem solving in STEM education. *Computers & Education*, 189, 104594. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104594>
- Paulsen, L. (2025). Activity-based collaborative virtual reality: Conceptualising immersive collaborative learning. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1007/s11412-025-09446-7>
- Ponnusamy, S., Chaudhari, V. M., & Muqem, M. (2025). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in Education: Assessing the impact on educational systems, content delivery, and student engagement. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6(5), 1102–1108. <https://www.researchgate.net/publication/393341984>



- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rodríguez, J. L., Romero, I., & Codina, A. (2021). The influence of NeoTrie VR's immersive virtual reality on the teaching and learning of geometry. *Mathematics*, 9(19), 2411. <https://doi.org/10.3390/math9192411>
- Serrano-Laguna, Á., & Marchiori, E. (2020). Measuring learning effectiveness in immersive virtual reality environments: A case study in mathematics education. *Virtual Reality*, 24(4), 633–649. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00388-w>
- Sombilon, E. V. (2024). Ethical considerations when designing and implementing VR simulations in education. [Revista]. [Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11316842>
- Stavroulia, K. E., Baka, E., & Lanitis, A. (2025). VR-Based Teacher Training Environments: A Systematic Approach for Defining the Optimum Appearance of Virtual Classroom Environments. *Virtual Worlds*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.3390/virtualworlds4010006>
- Torres, C. F. T. (2025). Aprendizaje inmersivo con realidad aumentada y virtual en el desarrollo del pensamiento matemático. *Magazine ASCE*, 10(2), 45–57. <https://magazineasce.com/index.php/1/article/view/380>
- Torres, C. F. T. (2025). Aprendizaje inmersivo con realidad aumentada y virtual en educación básica. *Magazine ASCE*, 10(2), 45–57. <https://magazineasce.com/index.php/1/article/view/380>
- Troya Santillán, B. N., Garcia Sosa, S. M., Medina Marino, P. A., Campoverde Duran, V. D. R., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Diseño e Implementación del Gamming Impulsados por IA para Mejorar el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4051-4071. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11611
- Troya Santillán, B. N., Arzube Plaza, M. C., Arzube Plaza, D. M., Troya Santillán, C. M., Martínez Oviedo, M. Y., Zapata Valverde, Y. F., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Liderazgo Educativo Transformacional: Estrategias para Inspirar y Motivar a los Docentes en el Contexto Escolar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2230–2246. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13687
- Utami, N., Setiawan, A., & Hamidah, I. (2025). Developing a learning design with augmented reality to improve critical thinking and problem-solving skill [Preprint]. *Journal of Vocational Education Studies*. <https://doi.org/10.12928/joves.v8i1.11296>
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W.-P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: A systematic literature review. *Frontiers in Virtual Reality*.
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W.-P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: A systematic literature review. *Frontiers in Virtual Reality*. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1159905>
- Vargas Castro, M. F., Cabrera Brown, M. N., Moreira Quiroz, H. B., Martínez Oviedo, M. Y., Bonilla Villegas, T. J., Bernal Parraga, A. P., & Bonilla Villegas, S. I. (2024). Estrategias Psicológicas Para Mejorar La Autoestima Y El Rendimiento Académico En Estudiantes De Educación General Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 6930–6945. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14112
- Volodin, S., Khodr, H., Dillenbourg, P., & Johal, W. (2025). Going down the abstraction stream with augmented reality and tangible robots: The case of vector instruction. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2504.14562>
- Vona, F., Hinzmann, S., Stern, M., Kojić, T., Ashrafi, N., Grieshammer, D., & Voigt-Antons, J.-N. (2024). Investigating the impact of virtual element misalignment in collaborative Augmented Reality experiences. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2404.09174>
- Voulgari, N. (2024). A systematic review of augmented reality in mathematics education. *Advances in Computers*, 3(2). <https://doi.org/10.36922/ac.4446>
- Wahono, R. S., Husni, M., & Yusuf, M. (2023). Virtual Reality and mathematics learning: A systematic literature review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(7), 90–108. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i07.37935>
- Zamora Franco, A. F., Bernal Párraga, A. P., Garcia Paredes, E. B., Herrera Lemus, L. P., Camacho Torres, V. L., Simancas Malla, F. M., & Haro Cedeño, E. L. (2024). Estrategias para Fomentar la Colaboración en el Aula de Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 616-639. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12310
- Zekeik, H. (2025). Augmented reality and virtual reality in education: A systematic narrative review on benefits and challenges. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), em1456. <https://www.ejmste.com/download/augmented-reality-and-virtual-reality-in-education-a-systematic-narrative-review-on-benefits-16830.pdf>
- Zekeik, H. (2025). Augmented reality and virtual reality in education: A systematic narrative review on benefits and challenges. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), em1456.



<https://www.ejmste.com/download/augmented-reality-and-virtual-reality-in-education-a-systematic-narrative-review-on-benefits-16830.pdf>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.