

Realidad virtual para la optimización del aprendizaje de las matemáticas.  
Virtual reality for optimizing mathematics learning.  
Lesly Carreño Loor, Miguel Rodríguez Véliz

### Resumen

La realidad virtual ha transformado significativamente el panorama educativo, posicionándose como una tecnología clave para abordar los desafíos inherentes a disciplinas como las matemáticas. Esta tecnología, caracterizada por entornos tridimensionales inmersivos y altamente interactivos, ofrece soluciones innovadoras para la enseñanza de conceptos abstractos, tradicionalmente percibidos como difíciles de visualizar y comprender. En el ámbito matemático, la realidad virtual permite la manipulación directa de objetos tridimensionales y la representación dinámica de relaciones algebraicas, lo que facilita la construcción de esquemas cognitivos más sólidos y una mayor retención del conocimiento. El presente artículo explora cómo la realidad virtual puede optimizar el aprendizaje de las matemáticas a través de metodologías como la gamificación, que incorpora mecánicas de juego para aumentar la motivación y el compromiso, y el aprendizaje colaborativo, que fomenta la interacción en entornos virtuales compartidos. Estas estrategias no solo mejoran el desempeño académico, sino que también desarrollan habilidades clave como el razonamiento crítico, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo.

**Palabras claves:** Realidad virtual, aprendizaje de matemáticas, educación, experiencias inmersivas, tecnología educativa, aprendizaje interactivo, integración de realidad virtual, compromiso estudiantil.

### Abstract

Virtual reality has significantly transformed the educational landscape, establishing itself as a key technology to address the inherent challenges of disciplines such as mathematics. This technology, characterized by immersive and highly interactive three-dimensional environments, offers innovative solutions for teaching abstract concepts, traditionally perceived as difficult to visualize and understand. In the mathematical domain, virtual reality enables the direct manipulation of three-dimensional objects and the dynamic representation of algebraic relationships, facilitating the construction of more robust cognitive frameworks and greater knowledge retention. This article explores how virtual reality can optimize mathematics learning through methodologies such as gamification, which incorporates game mechanics to increase motivation and engagement, and collaborative learning, which fosters interaction in shared virtual environments. These strategies improve academic performance and develop key skills such as critical reasoning, effective communication, and teamwork.

**Keywords:** Virtual reality, math learning, education, immersive experiences, educational technology, interactive learning, virtual reality integration, student engagement.

### INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA: IMPACTO MULTIDISCIPLINAR Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025

- ✓ **Recibido:** 02 /01/2025
- ✓ **Aceptado:** 15/01/2025
- ✓ **Publicado:** 31/01/2025

#### PAIS

- Ecuador, Portoviejo
- Ecuador, Portoviejo

#### INSTITUCIÓN

- Universidad Técnica de Manabí
- Universidad Técnica de Manabí

#### CORREO:

- ✉ [leslycarreno54@gmail.com](mailto:leslycarreno54@gmail.com)
- ✉ [miguel.rodriguez@utm.edu.ec](mailto:miguel.rodriguez@utm.edu.ec)

#### ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-1171-2501>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4474-3853>

#### FORMATO DE CITA APA.

Carreño, L. Rodríguez, M. (2025). Realidad virtual para la optimización del aprendizaje de las matemáticas. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1), 233 – 254.

## Introducción

La enseñanza de las matemáticas ha enfrentado desafíos históricos en cuanto a la comprensión de conceptos abstractos, el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y el compromiso de los estudiantes. En este contexto, la implementación de tecnologías avanzadas como la Realidad Virtual ha surgido como una herramienta prometedora para transformar los métodos de enseñanza y aprendizaje. La RV, con su capacidad de crear entornos inmersivos y multimodales, puede facilitar una comprensión más profunda al permitir que los estudiantes interactúen con conceptos matemáticos de manera dinámica y contextualizada.

Uno de los enfoques más efectivos en el uso de la realidad virtual en la educación es la incorporación de actividades generativas y colaborativas. Estas estrategias no solo aumentan la motivación de los estudiantes, sino que también optimizan el aprendizaje mediante la integración de actividades prácticas, como la construcción de representaciones virtuales de conceptos abstractos. Según Petersen et al. (2023), el aprendizaje generativo en RV mejora la retención al promover la participación activa y el pensamiento crítico, elementos esenciales para el desarrollo de competencias matemáticas. Además, el aprendizaje colaborativo dentro de entornos virtuales fomenta la discusión entre pares y el intercambio de ideas, elementos que son particularmente efectivos en la resolución de problemas matemáticos.

Por otro lado, los entornos digitales basados en juegos matemáticos han demostrado ser eficaces en la enseñanza de conceptos complejos al utilizar soportes integrados dentro del juego que guían a los estudiantes en la resolución de problemas. Estos soportes incluyen herramientas de planificación de tareas y conexiones contextuales que permiten una experiencia de aprendizaje más significativa y adaptativa [5] En este sentido, la realidad virtual permite expandir estas estrategias al integrar elementos inmersivos que aumentan la motivación y la atención, superando barreras como la sobrecarga cognitiva, un problema recurrente en entornos de aprendizaje tradicionales.

---

Además, el enfoque multimodal en la enseñanza con realidad virtual ofrece una combinación de recursos visuales, auditivos y hápticos que refuerzan la comprensión y la retención del aprendizaje. Según [2] la realidad virtual proporciona entornos enriquecidos que apoyan la construcción del conocimiento mediante la integración de experiencias inmersivas y personalizadas, particularmente útiles para visualizar conceptos matemáticos abstractos de manera tangible.

La integración de la realidad virtual en la educación ha revolucionado la forma en que los estudiantes aprenden conceptos complejos. En matemáticas, una disciplina tradicionalmente percibida como abstracta y desafiante, la realidad virtual proporciona entornos inmersivos e interactivos que transforman los conceptos teóricos en experiencias visuales y prácticas. Este artículo revisa investigaciones recientes sobre cómo la realidad virtual optimiza el aprendizaje matemático, abordando estrategias pedagógicas innovadoras, sus beneficios, y los desafíos asociados con su implementación. Los sistemas de gestión del aprendizaje basados en la nube (cloud-based LMS) [6] integran herramientas avanzadas como realidad virtual, ofreciendo escalabilidad, personalización y acceso ubicuo. No obstante, desafíos como privacidad y seguridad requieren estrategias de implementación robustas.

En [6] identifica nueve características clave en el diseño de actividades de aprendizaje inmersivo con realidad virtual, destacando cómo estas tecnologías permiten niveles variables de interactividad y personalización en las tareas educativas. Los entornos inmersivos ayudan a los estudiantes a visualizar conceptos matemáticos complejos, como estructuras geométricas y transformaciones algebraicas, de manera tangible. Además, los diseños pedagógicos efectivos en realidad virtual integran elementos narrativos y sociales que fomentan el compromiso y la motivación del estudiante.

exploran cómo las actividades generativas colaborativas en entornos de RV mejoran significativamente los resultados de aprendizaje. En el contexto matemático, estas actividades

---

pueden incluir la creación conjunta de gráficos tridimensionales o la resolución colaborativa de problemas complejos. Los resultados de su investigación muestran que las actividades colaborativas no solo aumentan la comprensión conceptual, sino que también desarrollan habilidades sociales críticas, como la comunicación y el trabajo en equipo.

La integración de tecnologías inmersivas en la educación ha generado avances significativos en la enseñanza de conceptos complejos como el Internet de las Cosas (IoT). LearnIoTVR, un entorno de aprendizaje basado en realidad virtual, demuestra cómo las tecnologías inmersivas pueden facilitar la instalación, programación y exploración de sistemas IoT. Este sistema incorpora un lenguaje de programación basado en bloques en 3D, diseñado específicamente para entornos inmersivos, permitiendo a los estudiantes interactuar con elementos en tiempo real y recibir retroalimentación inmediata. En un estudio cuantitativo con 24 participantes, LearnIoTVR mostró mejoras significativas en las competencias clave de los estudiantes, como el uso de sensores y actuadores, la programación condicional y el manejo de variables, con ganancias de aprendizaje de hasta el 50%[8].

La realidad virtual ofrece un entorno inmersivo que facilita la enseñanza de conceptos complejos al permitir a los estudiantes interactuar activamente con los contenidos. Sistemas como LearnIoTVR han demostrado mejoras significativas en el aprendizaje al integrar tecnologías inmersivas y lenguajes de programación visual, lo que permite la personalización del aprendizaje y retroalimentación en tiempo real. La multimodalidad, descrita por [10], es un enfoque pedagógico que combina diferentes modos de representación en un entorno virtual, como imágenes, texto y simulaciones interactivas. Este enfoque se alinea con las teorías constructivistas, que abogan por un aprendizaje activo y centrado en el estudiante. En matemáticas, esto se traduce en permitir a los estudiantes manipular objetos geométricos, explorar patrones algebraicos y experimentar directamente con ecuaciones en un entorno inmersivo. Este enfoque no solo aumenta la comprensión, sino que también fomenta la reflexión

---

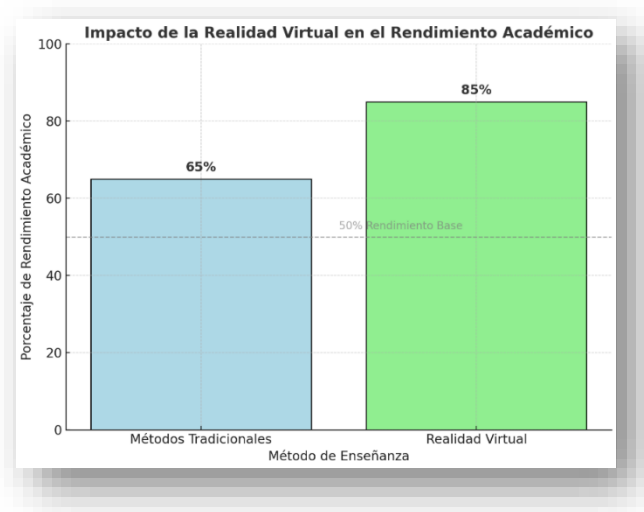
crítica y el aprendizaje significativo. Transforma conceptos abstractos en experiencias interactivas, facilitando el aprendizaje de matemáticas.

Además, resalta la efectividad de combinar elementos de gamificación con RV para mejorar el aprendizaje. Al integrar puntos, niveles y recompensas en entornos virtuales, los estudiantes experimentan un aprendizaje más motivador y atractivo. Por ejemplo, resolver problemas matemáticos en escenarios gamificados fomenta el pensamiento crítico y la aplicación práctica de conceptos teóricos, como la planificación estructural en geometría o el cálculo de probabilidades en contextos simulado.

El uso de tecnologías como realidad virtual permite mejorar habilidades espaciales esenciales para resolver problemas matemáticos y geométricos. En el caso del estudio de Li et al. (2020), se desarrolló un entorno virtual 3D que facilitó a los estudiantes de secundaria mejorar su capacidad de visualización y comprensión de estructuras geométricas complejas[13]

La realidad virtual también fomenta la interacción y la curiosidad en los estudiantes, lo que puede llevar a un aprendizaje más significativo. La experiencia inmersiva proporciona un entorno de aprendizaje dinámico, mejorando el interés y la satisfacción de los estudiantes [14]

**Fig. 1** Comparación del rendimiento académico entre métodos de enseñanza tradicionales y el uso de realidad virtual.



Los datos muestran un aumento significativo en el rendimiento académico de los estudiantes que utilizan entornos inmersivos de RV en comparación con aquellos que aprenden mediante métodos tradicionales. Este resultado refuerza la efectividad de la RV para optimizar la comprensión de conceptos matemáticos y mejorar la motivación estudiantil.

El diseño de juegos educativos basados en tecnologías digitales y realidad virtual puede influir significativamente en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas. La provisión de pistas y retroalimentación en estos entornos puede mejorar los resultados, aunque esto depende del contexto de aprendizaje. En el contexto de México, los estudios realizados por muestran que el uso de VR fue percibido positivamente por los estudiantes de educación media y superior como una innovación educativa. Este tipo de tecnología no solo mejora los resultados del aprendizaje, sino que también genera un mayor compromiso con el material.

Entornos como el desarrollado por el Instituto Tecnológico de Monterrey integran la realidad virtual para explorar matemáticas dentro de un enfoque de aprendizaje activo y basado en competencias. Esto es especialmente relevante para preparar a los estudiantes para los retos tecnológicos del mercado global. Los experimentos en entornos 3D han demostrado su eficacia en la formación de habilidades espaciales al permitir que los estudiantes interactúen con modelos geométricos tridimensionales, promoviendo una transición del pensamiento bidimensional al tridimensional

### **Métodos y materiales**

El diseño metodológico para explorar la aplicación de la realidad virtual en la optimización del aprendizaje matemático se basa en un enfoque exclusivamente documental. Este enfoque permite una revisión exhaustiva y crítica de la literatura existente, así como el análisis sistemático de investigaciones previas y estudios relevantes relacionados con el uso de la RV en contextos

---

educativos. Este tipo de investigación es especialmente útil para construir un marco teórico robusto y fundamentar propuestas futuras sin requerir la generación de datos primarios.

La investigación documental consiste en la recopilación, clasificación, y análisis detallado de información obtenida de fuentes bibliográficas confiables. Estas fuentes incluyen artículos científicos publicados en revistas indexadas, revisiones sistemáticas, libros, conferencias, y reportes de investigación. El objetivo principal de este enfoque es construir una base teórica sólida que permita comprender los antecedentes, enfoques metodológicos, y resultados de investigaciones previas, enfocándose en la eficacia de la RV para el aprendizaje matemático.

El enfoque documental permite un análisis detallado sin necesidad de implementar estudios empíricos, lo que resulta ventajoso en términos de tiempo y recursos. Sin embargo, su alcance depende de la calidad y diversidad de las fuentes disponibles, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos. Además, este enfoque no proporciona datos directos sobre el impacto de la realidad virtual en contextos locales específicos, aunque ofrece una base sólida para investigaciones futuras.

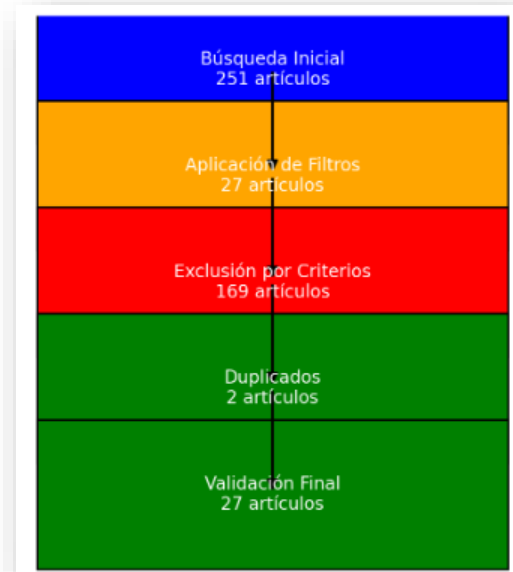
Esta investigación adopta un enfoque de revisión sistemática de la literatura (RSL) centrado en la aplicación de la realidad virtual para la optimización del aprendizaje de las matemáticas en estudiantes. La metodología se fundamenta en las directrices propuestas por Kitchenham y Charters (2007), estableciendo un marco estructurado para garantizar la exhaustividad y la calidad del análisis. Este enfoque se organiza en tres etapas principales: planificación, revisión y análisis, permitiendo la construcción de una base teórica sólida.

Implica descomponer el problema de cómo la realidad virtual puede optimizar el aprendizaje de las matemáticas en sus componentes fundamentales. Esto incluye analizar separadamente los efectos de la realidad virtual en la comprensión de conceptos matemáticos, la motivación y el interés de los estudiantes, y comparando estos efectos con los métodos de

---

enseñanza tradicionales. Parte de la hipótesis general de que la realidad virtual mejora el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes. A través de un diseño experimental, se recopilan y analizan datos para comprobar esta hipótesis, comparando los resultados de rendimiento académico y motivación entre un grupo de estudiantes que utiliza la realidad virtual y otro grupo que sigue métodos de enseñanza tradicionales.

**Fig. 2** Diagrama de Flujo del Proceso de Selección de Artículos



Para llevar a cabo la revisión bibliográfica, se seleccionaron las siguientes bibliotecas digitales: IEEE Xplore, ScienceDirect, ACM Digital Library y Scopus. La elección de estas plataformas se fundamenta en su capacidad para ofrecer una amplia variedad de publicaciones en el ámbito de las ciencias de la ingeniería, así como en su mantenimiento de bases de datos integrales y coherentes. En la fase inicial de búsqueda, se utilizaron palabras clave y términos específicos para optimizar los resultados obtenidos.

Las palabras clave empleadas en la búsqueda fueron: students, university, third grade, virtual reality, vr, mathematic education, math y math studies.



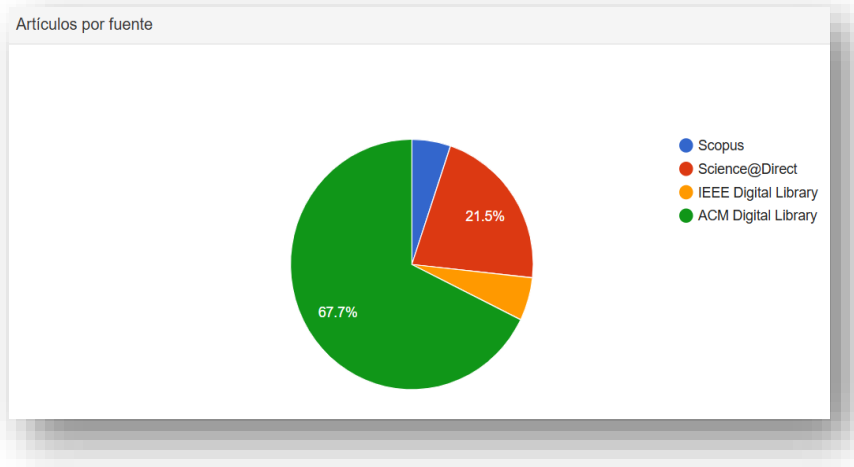
**Table1** Search strings or chains, database, and results

Suggested search string	Academic database	Result
("students") AND ("university" OR "third grade") AND ("virtual reality" OR "vr") AND ("mathematic education" OR "math" OR "math studies")	IEEE explore	14
("students") AND ("university" OR "third grade") AND ("virtual reality" OR "vr") AND ("mathematic education" OR "math" OR "math studies")	Scopus	13
("students") AND ("university" OR "third grade") AND ("virtual reality" OR "vr") AND ("mathematic education" OR "math" OR "math studies")	ACM Digital Library	170
("students") AND ("university" OR "third grade") AND ("virtual reality" OR "vr") AND ("mathematic education" OR "math" OR "math studies")	Science@Direct	54

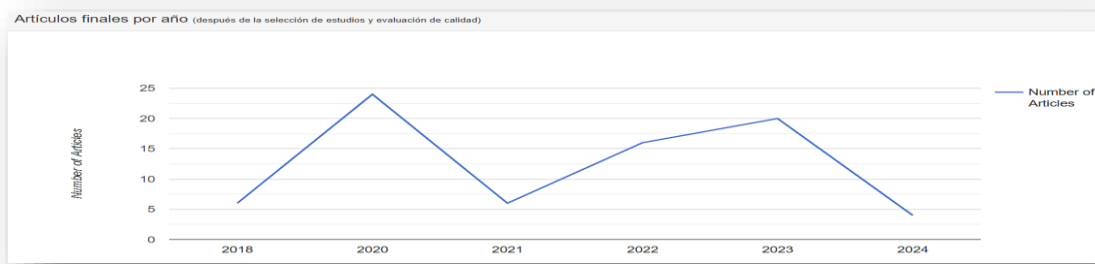
### RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MAPEO SISTEMÁTICO

Con el propósito de afinar la información extraída de la cadena de búsqueda, se recopilaron datos de los artículos encontrados en IEEE y Science@Direct, ACM Digital Library y Scopus. Durante el proceso de depuración de las bases de datos indexadas, se logró reducir la cantidad de literatura relevante para revisión a un total de 27 artículos, como se detalla en la Tabla 1. La Figura 1 proporciona una visualización gráfica del número de artículos seleccionados de cada base de datos académica para este estudio. Así mismo, la Figura 2 ilustra el mecanismo utilizado para determinar la relevancia de cada estudio, validando aspectos como la citación, los objetivos claros y el razonamiento de las propuestas mediante la participación de investigadores. Cabe destacar que se analizaron los años de indexación de los artículos, como se muestra en la Figura 3, que refleja los filtros aplicados y las bases de datos que superaron dichos criterios.

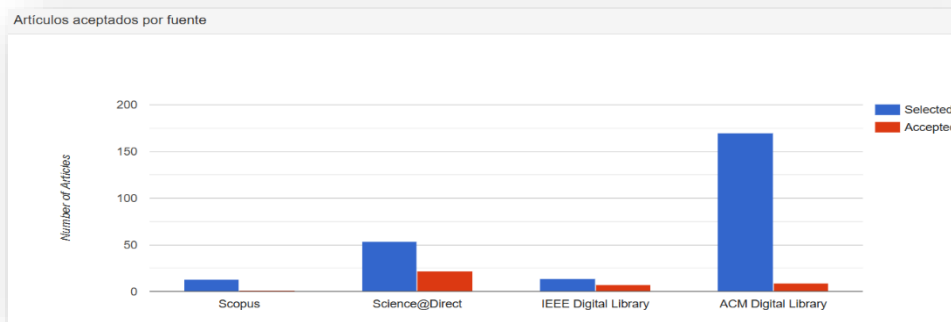
**Fig. 1** Artículos seleccionados de Scopus, Science Direct, IEEE Digital Library y ACM Digital Library



**Fig. 2** Relevancia de la información a través de los años de publicación



**Fig. 3** Refleja las bases de datos que pasaron los debidos filtros para nuestra investigación.



Los documentos seleccionados, resultado del mapeo sistemático, se utilizaron para responder a las preguntas planteadas en la investigación. Estas preguntas, centrales en el estudio, se enfocan en la evaluación de la efectividad de la realidad virtual como herramienta para la optimización del aprendizaje de las matemáticas en entornos educativos.

En relación con la pregunta RQ1, se analizaron diversos estudios que examinan cómo la realidad virtual contribuye al aprendizaje interactivo de conceptos matemáticos. La realidad virtual se posiciona como una herramienta pedagógica innovadora, al permitir a los estudiantes interactuar con entornos tridimensionales de manera inmersiva, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos y promueve un aprendizaje significativo.

La integración de Realidad virtual en el aprendizaje matemático destaca por su capacidad para proporcionar representaciones tridimensionales manipulables que fomentan el desarrollo de habilidades espaciales, como la rotación mental y la percepción tridimensional. Por ejemplo, en un estudio realizado por, se diseñó un entorno 3D basado en consultas para explorar habilidades espaciales. Los estudiantes pudieron rotar, doblar y manipular objetos geométricos mediante dispositivos como Leap Motion, lo que les permitió comprender mejores conceptos complejos como la transformación geométrica y las relaciones espaciales. Esta interacción directa con modelos tridimensionales mejoró no solo la comprensión conceptual, sino también la capacidad de resolver problemas espaciales.

Además, la realidad virtual facilita un aprendizaje inmersivo e intuitivo al permitir a los estudiantes explorar conceptos matemáticos de manera activa. Los entornos virtuales proporcionan experiencias que combinan visualización, interactividad y retroalimentación inmediata, elementos esenciales para un aprendizaje basado en la indagación, encontraron que los estudiantes que utilizaron entornos de RV en la enseñanza de geometría espacial mostraron mejoras significativas en sus resultados académicos en comparación con los métodos tradicionales, especialmente en aquellos con dificultades para visualizar transformaciones entre

---

dos y tres dimensiones. La naturaleza interactiva de la realidad virtual fomenta un alto nivel de compromiso, lo que incrementa la motivación del estudiante y su disposición a explorar conceptos matemáticos.

Por otro lado, la capacidad de la realidad virtual para personalizar y adaptar las experiencias de aprendizaje a las necesidades específicas de los estudiantes es un factor clave. La posibilidad de ajustar la dificultad de las tareas, ofrecer retroalimentación en tiempo real y permitir a los estudiantes progresar a su propio ritmo refuerza el aprendizaje individualizado. Esto no solo maximiza la eficacia educativa, sino que también genera un entorno en el que los estudiantes se sienten empoderados para explorar y resolver problemas de forma autónoma.

Para abordar la pregunta RQ2, se exploraron estudios que examinan el impacto de la realidad virtual en la motivación y participación de los estudiantes durante las clases de matemáticas. Los resultados demuestran que la implementación de esta tecnología transforma significativamente la dinámica educativa, promoviendo un mayor compromiso y entusiasmo por el aprendizaje. La inmersión que caracteriza a la realidad virtual es uno de los principales factores que incrementa la motivación estudiantil, la capacidad de la RV para crear entornos envolventes y realistas permite que los estudiantes se conecten emocionalmente con los contenidos. Este tipo de interacción atractiva genera un interés genuino en las actividades educativas, reemplazando la pasividad tradicional con una participación activa y comprometida

Además, la realidad virtual fomenta el aprendizaje autónomo mediante experiencias interactivas que potencian el sentido de logro personal, encontraron que las simulaciones inmersivas permiten a los estudiantes experimentar escenarios complejos de forma práctica, fortaleciendo su confianza en sus propias capacidades. Esta sensación de autoeficacia impulsa a los estudiantes a involucrarse más activamente en las actividades académicas.

---

Otro aspecto clave es la personalización del aprendizaje que facilita la realidad virtual, destacan que los entornos virtuales adaptativos permiten que los estudiantes avancen a su propio ritmo y según sus necesidades, promoviendo un sentido de control sobre su proceso educativo. Este enfoque incrementa la motivación intrínseca, ya que los estudiantes perciben el aprendizaje como relevante y alineado con sus intereses.

Por último, la realidad virtual fomenta la colaboración y el trabajo en equipo, lo que incrementa la participación grupal, subrayan que las tareas colaborativas en entornos de realidad virtual, que combinan interactividad y visualización, no solo mejoran el aprendizaje matemático, sino que también desarrollan habilidades sociales clave como la comunicación y la resolución conjunta de problemas. Este entorno colaborativo transforma las clases en espacios de aprendizaje activo y colectivo.

Para responder a la pregunta RQ3, se revisaron estudios que identifican los principales desafíos al integrar la realidad virtual en la enseñanza de matemáticas para estudiantes. Los resultados indican que, si bien la realidad virtual ofrece grandes oportunidades educativas, su implementación enfrenta obstáculos relacionados con la tecnología, la capacitación docente, la accesibilidad y la aceptación de los usuarios.

Uno de los principales desafíos es la complejidad técnica y los costos asociados a la implementación de la realidad virtual en entornos educativos, desarrollar y mantener entornos virtuales educativos requiere inversiones significativas en hardware, software y recursos humanos capacitados. Este aspecto es especialmente problemático para instituciones con recursos limitados, lo que limita la adopción de estas tecnologías en un entorno más amplio.

Otro desafío importante es la falta de capacitación adecuada para los docentes. Como señalan, muchos profesores no están familiarizados con el uso de tecnologías de RV y, a menudo, carecen de la experiencia necesaria para integrar estas herramientas de manera

---

efectiva en su enseñanza. Esto puede resultar en una subutilización de las capacidades de la realidad virtual y una implementación superficial que no aprovecha todo su potencial educativo.

Además, la usabilidad y la curva de aprendizaje asociada a las plataformas de realidad virtual presentan barreras tanto para estudiantes como para docentes. subrayan que algunos usuarios pueden experimentar dificultades para adaptarse a los controles y la interacción inmersiva que requieren estas tecnologías. Estas limitaciones pueden reducir la efectividad de las herramientas de realidad virtual, especialmente en grupos que carecen de experiencia tecnológica previa.

La accesibilidad también es un factor clave. Muchos entornos de realidad virtual requieren equipos costosos y específicos, como visores y dispositivos de seguimiento, lo que dificulta su disponibilidad para estudiantes de comunidades rurales o de bajos ingresos. Este desafío puede exacerbar las desigualdades existentes en el acceso a recursos educativos avanzados, como lo advierten, quienes destacan la necesidad de desarrollar soluciones más asequibles y escalables para democratizar el uso de la realidad virtual en la educación.

Finalmente, un desafío subestimado es la posible resistencia al cambio por parte de los estudiantes y docentes. La adopción de tecnologías de realidad virtual puede generar ansiedad en los usuarios debido a su novedad o complejidad percibida.

### **Discusión**

La realidad virtual representa una convergencia entre la tecnología de vanguardia y la pedagogía contemporánea, ofreciendo un medio para superar las limitaciones tradicionales en la enseñanza de las matemáticas. Los resultados obtenidos a partir de las investigaciones revisadas subrayan el potencial transformador de la realidad virtual en el aprendizaje matemático, al facilitar la comprensión conceptual, promover el aprendizaje activo y fomentar la colaboración

---

en un entorno inmersivo. Sin embargo, su implementación también plantea desafíos significativos que requieren atención desde una perspectiva técnica, pedagógica y socioeconómica.

Uno de los aspectos más destacados de la realidad virtual en la enseñanza matemática es su capacidad para representar conceptos abstractos, como estructuras geométricas tridimensionales y transformaciones algebraicas, en un entorno visual y manipulable. Estas representaciones permiten que los estudiantes interactúen directamente con los contenidos matemáticos, lo que facilita la construcción de esquemas cognitivos más sólidos y significativos. Estudios recientes han demostrado que este tipo de interacción inmersiva no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también aumenta la retención del conocimiento al involucrar múltiples sentidos en el proceso de aprendizaje

Desde una perspectiva motivacional, la integración de mecánicas de gamificación en los entornos de realidad virtual, como retos escalonados, recompensas y simulaciones prácticas, ha mostrado resultados prometedores en términos de participación estudiantil. Estas estrategias no solo incrementan el compromiso, sino que también reducen la ansiedad matemática, al presentar problemas complejos en un contexto lúdico y accesible. La evidencia sugiere que los estudiantes responden de manera positiva a este tipo de enfoques, mostrando mejoras significativas en su desempeño académico y su disposición hacia el aprendizaje.

Además, la capacidad de la realidad virtual para facilitar la colaboración en entornos virtuales destaca como una herramienta poderosa para el aprendizaje grupal. Los estudiantes pueden interactuar en tiempo real, compartir ideas y resolver problemas matemáticos complejos en un espacio digital común, lo que fomenta habilidades clave como el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y el pensamiento crítico. Estas experiencias colaborativas no solo enriquecen el aprendizaje, sino que también simulan dinámicas del mundo real que son esenciales en contextos profesionales y académicos.

---

Sin embargo, la implementación de la realidad virtual enfrenta barreras significativas. Los costos asociados con el hardware y software necesarios para los entornos de realidad virtual siguen siendo prohibitivos para muchas instituciones educativas, particularmente en regiones con recursos limitados. Esta realidad pone de manifiesto la necesidad de explorar soluciones más accesibles y sostenibles que permitan democratizar el acceso a esta tecnología [25] Además, el diseño pedagógico para la realidad virtual requiere un enfoque altamente especializado que integre elementos tecnológicos con estrategias de enseñanza basadas en teorías del aprendizaje. Sin un diseño cuidadoso y adaptado a los objetivos educativos, la realidad virtual corre el riesgo de ser subutilizada, limitando su impacto potencial

### **Conclusión**

La realidad virtual está revolucionando la enseñanza de las matemáticas al proporcionar entornos inmersivos e interactivos que facilitan la comprensión de conceptos abstractos y promueven un aprendizaje significativo. A través de estrategias como la gamificación, la multimodalidad y la colaboración en tiempo real, la realidad virtual permite no solo optimizar los resultados académicos, sino también desarrollar habilidades críticas como el razonamiento espacial, el pensamiento crítico y el trabajo en equipo. Estas capacidades son esenciales para preparar a los estudiantes para las demandas del siglo XXI.

Además, la inclusión de soluciones específicas para superar barreras éticas, sociales y ambientales puede enriquecer aún más el potencial transformador de la realidad virtual. En este sentido, el diseño pedagógico debe estar cuidadosamente alineado con los objetivos educativos, priorizando experiencias personalizadas y relevantes para maximizar la eficacia de esta herramienta.

A medida que la tecnología sigue avanzando, es imperativo realizar investigaciones empíricas que evalúen su impacto a largo plazo en diferentes niveles educativos y contextos

---



culturales. Estas investigaciones no solo validarán los beneficios de la realidad virtual en la educación matemática, sino que también ofrecerán perspectivas valiosas para guiar futuras innovaciones.

En definitiva, la realidad virtual no solo representa una herramienta pedagógica, sino también una oportunidad para redefinir la enseñanza de las matemáticas, transformándola en una experiencia más inclusiva, interactiva y motivadora para todos los estudiantes. Su integración estratégica, acompañada de un compromiso con la equidad educativa, puede marcar un antes y un después en la forma en que los conceptos abstractos se aprenden y aplican en el mundo real.

---

### Referencias Bibliográficas

- M. Won *et al.*, «Diverse approaches to learning with immersive Virtual Reality identified from a systematic review», *Comput. Educ.*, vol. 195, p. 104701, abr. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2022.104701.
- S. Philippe *et al.*, «Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: a review and case study», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 2, n.º 5, pp. 421-442, oct. 2020, doi: 10.1016/j.vrih.2020.07.008.
- G. B. Petersen, V. Stenberdt, R. E. Mayer, y G. Makransky, «Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning», *Comput. Educ.*, vol. 207, p. 104931, dic. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2023.104931.
- L. Hickman y M. Akdere, «Developing intercultural competencies through virtual reality: Internet of Things applications in education and learning», en *2018 15th Learning and Technology Conference (L&T)*, Jeddah: IEEE, feb. 2018, pp. 24-28. doi: 10.1109/LT.2018.8368506.
- C.-P. Dai, F. Ke, Y. Pan, y Y. Liu, «Exploring students' learning support use in digital game-based math learning: A mixed-methods approach using machine learning and multi-cases study», *Comput. Educ.*, vol. 194, p. 104698, mar. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2022.104698.
- A. Ekuase-Anwansedo y A. Smith, «Effect of Cloud Based Learning Management System on The Learning Management System Implementation Process»: en *Proceedings of the 2019 ACM SIGUCCS Annual Conference*, New Orleans LA USA: ACM, oct. 2019, pp. 176-179. doi: 10.1145/3347709.3347835.
-

- M. Won *et al.*, «Diverse approaches to learning with immersive Virtual Reality identified from a systematic review», *Comput. Educ.*, vol. 195, p. 104701, abr. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2022.104701.
- G. B. Petersen, V. Stenberdt, R. E. Mayer, y G. Makransky, «Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning», *Comput. Educ.*, vol. 207, p. 104931, dic. 2023, doi: 10.1016/j.compedu.2023.104931. Z. Zhu *et al.*, «LearnIoT VR: An End-to-End Virtual Reality Environment Providing Authentic Learning Experiences for Internet of Things», en *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Hamburg Germany: ACM, abr. 2023, pp. 1-17. doi: 10.1145/3544548.3581396.
- W. Xiaohong y W. Yanzheng, «The Application of Artificial Intelligence in Modern Foreign Language Learning», en *2021 4th International Conference on Big Data and Education*, London United Kingdom: ACM, feb. 2021, pp. 34-37. doi: 10.1145/3451400.3451406.
- S. Philippe *et al.*, «Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: a review and case study», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 2, n.º 5, pp. 421-442, oct. 2020, doi: 10.1016/j.vrih.2020.07.008.
- V. Ojha, C. Perdriau, B. Lagesse, y C. M. Lewis, «Computing Specializations: Perceptions of AI and Cybersecurity Among CS Students», en *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, Toronto ON Canada: ACM, mar. 2023, pp. 966-972. doi: 10.1145/3545945.3569782.
- A. Bucchiarone, «Gamification and virtual reality for digital twin learning and training: architecture and challenges», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 4, n.º 6, pp. 471-486, dic. 2022, doi: 10.1016/j.vrih.2022.08.001.
-

- Y. Li, Y. Yang, Z. Yao, y G. Xu, «Virtual 3D environment for exploring the spatial ability of students», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 2, n.º 6, pp. 556-568, dic. 2020, doi: 10.1016/j.vrih.2020.08.001
- N. Nevaranta *et al.*, «Virtual Learning Environment for Control Engineering Education», en *2018 IEEE 18th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)*, Budapest: IEEE, ago. 2018, pp. 946-951. doi: 10.1109/EPEPMC.2018.8521905.
- B. M. McLaren, J. E. Richey, H. Nguyen, y X. Hou, «How instructional context can impact learning with educational technology: Lessons from a study with a digital learning game», *Comput. Educ.*, vol. 178, p. 104366, mar. 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2021.104366.
- E. C. Olivas Castellanos, L. De Gunther, F. M. Vazquez Paz, M. T. Lerma Ramos, y O. D. Rivera Garrido, «The Sciences through Pixels: Virtual Reality as an innovation in the learning outcome in higher education in northwestern Mexico: Virtual Reality as an innovation in the learning outcome in higher education in northwestern Mexico», en *Proceedings of the 2022 6th International Conference on Education and E-Learning*, Yamanashi Japan: ACM, nov. 2022, pp. 275-280. doi: 10.1145/3578837.3578877.
- J. Pirker, E. Loria, A. Kainz, J. Kopf, y A. Dengel, «Virtual Reality and Education – The Steam Panorama», en *Proceedings of the 17th International Conference on the Foundations of Digital Games*, Athens Greece: ACM, sep. 2022, pp. 1-11. doi: 10.1145/3555858.3555899.
- Y. Li, Y. Yang, Z. Yao, y G. Xu, «Virtual 3D environment for exploring the spatial ability of students», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 2, n.º 6, pp. 556-568, dic. 2020, doi: 10.1016/j.vrih.2020.08.001.
- S. Wu, C. Liu, H. Shi, y S. Cai, «Using Augmented Reality Technology to Learn Cube Expansion Diagram in Spatial Geometry of Elementary Mathematics», en *2019 IEEE International*
-

- Conference on Engineering, Technology and Education (TALE)*, Yogyakarta, Indonesia: IEEE, dic. 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/TALE48000.2019.9225978.
- R. Lc y Y. Fukuoka, «Machine Learning and Therapeutic Strategies in VR», en *Proceedings of the 9th International Conference on Digital and Interactive Arts*, Braga Portugal: ACM, oct. 2019, pp. 1-6. doi: 10.1145/3359852.3359908.
- A. Fletcher, R. Mason, y G. Cooper, «Helping students get IT: Investigating the longitudinal impacts of IT school outreach in Australia», en *Proceedings of the 23rd Australasian Computing Education Conference*, Virtual SA Australia: ACM, feb. 2021, pp. 115-124. doi: 10.1145/3441636.3442312.
- K. Ivan y N. Alexander, «Future of the Electrical Engineering Education on the AR and VR Basis», en *Proceedings of the 2019 International Conference on Video, Signal and Image Processing*, Wuhan China: ACM, oct. 2019, pp. 113-117. doi: 10.1145/3369318.3369337.
- A. Zable, L. Hollenberg, E. Velloso, y J. Goncalves, «Investigating Immersive Virtual Reality as an Educational Tool for Quantum Computing», en *26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, Virtual Event Canada: ACM, nov. 2020, pp. 1-11. doi: 10.1145/3385956.3418957.
- A. Bucchiarone, «Gamification and virtual reality for digital twin learning and training: architecture and challenges», *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 4, n.º 6, pp. 471-486, dic. 2022, doi: 10.1016/j.vrih.2022.08.001.
- F. Martin, M. Zhuang, y D. Schaefer, «Systematic review of research on artificial intelligence in K-12 education (2017–2022)», *Comput. Educ. Artif. Intell.*, vol. 6, p. 100195, jun. 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100195.
-

K. Ye *et al.*, «Penrose: from mathematical notation to beautiful diagrams», *ACM Trans. Graph.*,  
vol. 39, n.º 4, ago. 2020, doi: 10.1145/3386569.3392375.