

ESCTS-Vol.4. N1. 030

Análisis comparativo de herramientas de realidad aumentada y virtual para geometría euclidiana basados en criterios pedagógicos y tecnológicos
Comparative analysis of augmented and virtual reality tools for Euclidean geometry based on pedagogical and technological criteria

Autor:

Alfredo Ramón Tumbaco Reyes
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Santa Elena – Ecuador
atumbaco@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6469-7191>

Jimmy Gabriel Rivera Ramirez
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Santa Elena – Ecuador
jrivera@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8179-6626>

Maria Gabriela Campuzano Paez
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Santa Elena – Ecuador
mcampuzano@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1522-0228>

Carlos Efraín Sánchez León
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Santa Elena – Ecuador
csanchezl@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2965-9189>

Autor de correspondencia: Alfredo Ramón Tumbaco Reyes, atumbaco@upse.edu.ec

Recepción: 08-marzo-2026

Aceptación: 03-abril-2026

Publicación: 09-mayo-2026

Cómo citar este artículo

Tumbaco Reyes, A. R., Rivera Ramirez, J. G., Campuzano Paez, M. G., & Sánchez León, C. E.
(2026). Análisis comparativo de herramientas de realidad aumentada y virtual para geometría euclidiana basados en criterios pedagógicos y tecnológicos. Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries And Society, 1-22. <https://doi.org/10.63688/7gm35w76>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



RESUMEN

La enseñanza de la geometría euclidiana es un componente clave para el desarrollo del pensamiento lógico, espacial y matemático del estudiante universitario. Este estudio analiza una revisión sistemática sobre una evaluación comparativa de diversas herramientas de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) aplicadas a la enseñanza de contenidos geométricos, con el objetivo de identificar aquellas que mejor se alinean con criterios pedagógicos y tecnológicos relevantes. A través de un análisis documental y técnico, se establecen parámetros de selección que incluyen facilidad de uso, adaptabilidad al currículo, disponibilidad de recursos interactivos, compatibilidad con dispositivos y potencial para fomentar la comprensión visual-espacial en los estudiantes. Además, se consideran aspectos como el soporte multilingüe, el acceso multiplataforma y la posibilidad de integración con metodologías activas. Los resultados permiten construir una guía orientadora para docentes y diseñadores instruccionales interesados en incorporar RA y RV en contextos educativos de nivel básico y medio. Este trabajo contribuye a la toma de decisiones fundamentadas sobre el uso de estas tecnologías en la enseñanza de la geometría, promoviendo prácticas didácticas más eficaces, motivadoras y adaptadas a las exigencias del aprendizaje del siglo XXI.

Palabras clave: educación matemática, Geometría, Innovación pedagógica, Realidad aumentada, Realidad virtual, Tecnología educativa.

ABSTRACT

The teaching of Euclidean geometry is a key component for the development of logical, spatial, and mathematical thinking in university students. This study analyzes a systematic review of a comparative evaluation of various Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) tools applied to the teaching of geometric content, with the aim of identifying those that best align with relevant pedagogical and technological criteria. Through documentary and technical analysis, selection parameters are established, including ease of use, curriculum adaptability, availability of interactive resources, device compatibility, and potential to foster visual-spatial understanding in students. In addition, aspects such as multilingual support, multiplatform access, and the possibility of integration with active learning methodologies are considered. The results allow for the development of a guide for teachers and instructional designers interested in incorporating AR and VR in primary and secondary education contexts. This work contributes to informed decision-making regarding the use of these technologies in geometry teaching, promoting more effective, motivating teaching practices adapted to the demands of 21st-century learning.

Keywords: educational mathematics, geometry, pedagogical innovation, augmented reality, virtual reality, educational technology.



1. INTRODUCCIÓN

La geometría euclidiana constituye una base fundamental en el desarrollo del pensamiento lógico, espacial y matemático en el proceso educativo del nivel superior. No obstante, las metodologías de enseñanza tradicionales muchas veces fallan al representar gráficamente figuras tridimensionales en soportes bidimensionales. La Realidad aumentada y la Realidad Virtual brindan una solución, al permitir el manejo de objetos en tiempo real.

Ramírez y Falk de Losada, (2025) “señalan que la enseñanza de la geometría se mantiene en prácticas tradicionales centradas en la transmisión de conocimientos mediante lápiz, papel y el discurso docente, impidiendo al estudiante explorar crear y razonar”. (p.4-5).

La incorporación de tecnologías emergentes en la educación ha transformado significativamente las prácticas pedagógicas, facilitando la enseñanza de conceptos complejos y abstractos, como los que se encuentran en la geometría. Herramientas tecnológicas como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) han demostrado ser valiosas al ofrecer experiencias inmersivas que permiten la visualización interactiva de objetos geométricos y la exploración espacial [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Estas tecnologías no solo amplían la comprensión de los contenidos geométricos, sino que también aumentan la motivación de los estudiantes, proporcionando un enfoque dinámico y atractivo para abordar estos temas [8], [9], [10].

A nivel internacional, numerosos estudios evidencian los beneficios de la RA y la RV en la enseñanza de las matemáticas. Investigaciones realizadas en Europa y América del Norte han demostrado que el uso de estas tecnologías mejora la comprensión espacial y facilita la resolución de problemas geométricos complejos [6], [11], [12], [13], [14]. La RA, al superponer elementos virtuales en el entorno real, permite a los estudiantes interactuar de manera intuitiva con modelos geométricos, mejorando la comprensión de conceptos abstractos [15], [16]. En particular, la RV, al ofrecer entornos tridimensionales interactivos, facilita la exploración de objetos geométricos desde diversas perspectivas, reforzando el aprendizaje visual y espacial [17], [18].

En el ámbito nacional, el uso de tecnologías en la enseñanza de la geometría está en sus primeras etapas, aunque se han realizado esfuerzos para adoptar la RA y la RV en el currículo educativo. En Ecuador, por ejemplo, investigaciones locales han evidenciado resultados prometedores respecto a la motivación estudiantil y la mejora de la comprensión



geométrica mediante el uso de herramientas tecnológicas [19], [20], [21]. No obstante, la falta de recursos, capacitación docente y software adecuado sigue siendo un desafío importante para una implementación efectiva en el aula de clases.

A nivel local, en provincias de Santa Elena, las iniciativas para adoptar tecnologías emergentes en el proceso educativo están en auge. Sin embargo, se requiere una evaluación exhaustiva de las herramientas disponibles para asegurar que se seleccionen aquellas que se alineen mejor con las necesidades pedagógicas y tecnológicas del entorno educativo.

El presente estudio tiene como objetivo realizar análisis comparativo de las revisiones sistemática sobre de diversas herramientas de RA y RV aplicadas a la enseñanza de la geometría, con el fin de establecer criterios de selección basados en factores pedagógicos y tecnológicos, facilitando su integración efectiva en contextos educativos de nivel básico y medio.

Este estudio contribuye al desarrollo de un marco de selección que permitirá a los educadores y diseñadores instruccionales tomar decisiones informadas sobre el uso de tecnologías emergentes en la enseñanza de la geometría, promoviendo así prácticas pedagógicas más efectivas y adaptadas a las demandas educativas del siglo XXI.

2. METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque metodológico cualitativo-descriptivo, complementado con análisis técnico-comparativo, con el objetivo de identificar, analizar y comparar herramientas digitales basadas en Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) para la enseñanza de geometría euclidiana en educación básica superior.

La investigación se apoya en una revisión sistemática de literatura científica y técnica y en el desarrollo de una matriz multicriterio para evaluar las herramientas seleccionadas. Esta matriz contempla tanto criterios pedagógicos (alineación con el currículo nacional, accesibilidad didáctica, facilidad de uso en el aula) como tecnológicos (compatibilidad multiplataforma, disponibilidad de recursos interactivos, soporte técnico), garantizando un análisis riguroso y contextualizado.

La metodología empleada proporciona bases sólidas para la toma de decisiones informadas en el ámbito educativo, orientando a docentes y responsables de innovación pedagógica en la incorporación efectiva de tecnologías emergentes.



2.1. Selección y Caracterización Técnica de Herramientas de Realidad Aumentada y Virtual

Para seleccionar las herramientas digitales basadas en RA y RV aplicadas a la enseñanza de la geometría euclidiana, se realizó una búsqueda exhaustiva en la base de datos científica indexada a Scopus, considerando publicaciones entre 2018 y 2024, aunque no se encontró mucha información. Se aplicaron los siguientes criterios de inclusión: (1) enfoque específico en geometría, alineado con el currículo básico superior; (2) acceso gratuito o modalidad freemium; (3) documentación técnica detallada; y (4) evidencia de uso educativo en contextos escolares. A partir de estos criterios, se identificaron ocho herramientas relevantes, que incluyen aplicaciones móviles, plataformas interactivas y recursos inmersivos. Las herramientas fueron evaluadas utilizando una matriz comparativa multicriterio que consideró tanto variables pedagógicas (alineación curricular, nivel de interacción, facilidad de uso por docentes y estudiantes) como tecnológicas (dispositivos compatibles, operatividad multiplataforma, soporte técnico y accesibilidad). Este análisis permitió identificar fortalezas y limitaciones de cada herramienta y proporcionó una guía para su integración en el aula de geometría.

La tendencia temporal evidencia una consolidación progresiva de la investigación en geometría mediada por tecnologías inmersivas, mostrando que la aplicación de realidad aumentada y virtual ha evolucionado de una línea emergente a un campo con creciente madurez y relevancia científica.

2.2. Metodología de Selección y Análisis Comparativo.

La metodología empleada para la selección y análisis comparativo de las herramientas se estructuró en fases sistemáticas:

2.2.1. Selección de Herramientas

La selección de herramientas se llevó a cabo mediante una búsqueda sistemática en bases de datos de alto impacto internacional y relevancia local, aplicando criterios de inclusión, pertinencia contextual y alineación pedagógica:

- **Enfoque curricular:** Se priorizaron herramientas que abordaran explícitamente contenidos de geometría, en concordancia con el currículo de educación básica superior.



- **Acceso y disponibilidad:** Se favorecieron herramientas con acceso gratuito o modalidad freemium, garantizando viabilidad en entornos educativos con limitaciones económicas.
- **Documentación técnica:** Se seleccionaron herramientas con documentación técnica clara y accesible.
- **Evidencia educativa:** Se incluyeron soluciones con evidencia de implementación en aulas de clases.

2.3. Análisis Comparativo

El análisis comparativo se llevó a cabo utilizando una matriz multicriterio, permitiendo evaluar las herramientas desde dos perspectivas. Esta metodología ha sido utilizada por varios estudios[22], [23], [24], los cuales se revisaron y permitieron seleccionar los siguientes criterios:

- **Criterios pedagógicos:** Se evaluó la capacidad de cada herramienta para promover la comprensión visual-espacial de los conceptos geométricos, su alineación con el currículo educativo, la facilidad de integración en la práctica docente y la capacidad para fomentar el aprendizaje activo. Además, se analizó la accesibilidad de las herramientas para estudiantes con diversas necesidades, como aquellos con discapacidades visuales o motrices.
- **Criterios tecnológicos:** Se consideraron la compatibilidad multiplataforma, los requisitos técnicos de los dispositivos, la facilidad de uso tanto para docentes como para estudiantes, y la disponibilidad de recursos interactivos que facilitaran la exploración de los conceptos geométricos en un entorno inmersivo. También se evaluó la capacidad de integración de las herramientas con otras tecnologías y metodologías activas de enseñanza.

2.4. Procedimiento de Evaluación

El procedimiento de evaluación se centró en el análisis técnico comparativo de las herramientas seleccionadas, complementado con una revisión documental sistemática para asegurar la validez y relevancia de los hallazgos. Las siguientes técnicas fueron empleadas para garantizar un análisis riguroso:

- **Análisis Técnico Comparativo:** Se realizó una evaluación técnica detallada de las herramientas seleccionadas en función de criterios previamente definidos en la matriz



multicriterio. Cada herramienta fue evaluada con base en su rendimiento, funcionalidad y características tecnológicas. El análisis comparativo se estructuró en varias dimensiones, que incluyeron la compatibilidad con dispositivos, la interfaz de usuario, la accesibilidad, los requisitos de hardware y software, y la disponibilidad de recursos interactivos específicos para la enseñanza de la geometría. Esta técnica permitió comparar de manera objetiva las herramientas y establecer cuál de ellas presentaba mejores características para el entorno educativo.

- **Revisión Documental Sistemática:** Se llevó a cabo una búsqueda sistemática de literatura que incluyó artículos académicos, artículos científicos y publicaciones relevantes de fuentes indexadas en Scopus. Este proceso permitió identificar investigaciones previas sobre la implementación de herramientas de RA y RV en el ámbito educativo, especialmente en la enseñanza de la geometría. Los resultados de esta revisión contribuyeron a comprender mejor la efectividad de las herramientas y su aplicabilidad en contextos reales, asegurando que las herramientas seleccionadas tuviesen una base de evidencia sólida.

Ecuación de Búsqueda.

TITLE-ABS-KEY (
 "CoSpaces Edu" OR "CoSpaces"
 OR "Merge Cube" OR "Merge EDU"
 OR "GeoGebra AR"
 OR "Geometría RA"
 OR "Sólidos RA"
 OR "3DBear"
 OR "VR Math" OR "VR Math by VR Education"
 OR "ThingLink"
 OR "Panoform"
 OR "Wonderscope"
 OR "ARitize 3D"
 OR "LearnAR Geometry"
)
 AND



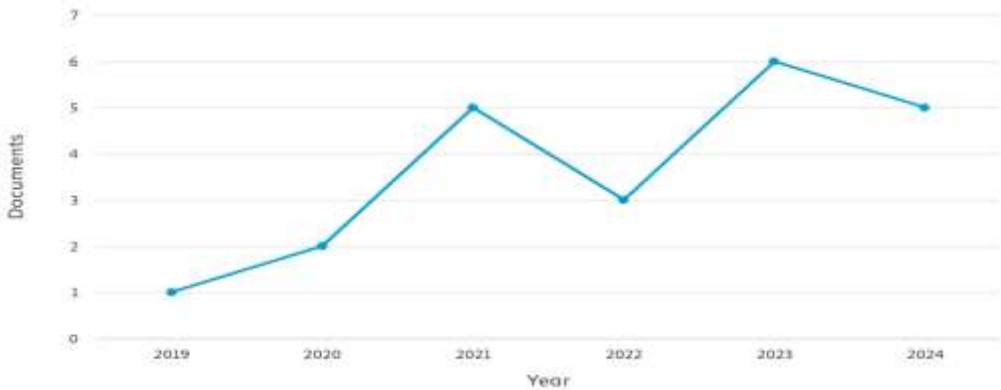
(mathematic* OR geometr*)
AND
(education* OR teaching OR classroom OR learning)
)
AND PUBYEAR > 2017
AND PUBYEAR < 2025

Tabla 1
Distribución cronológica de estudios incluidos según criterios de búsqueda establecidos (2018–2024).

AÑO	Número de Documentos
2019	1
2020	2
2021	5
2022	3
2023	6
2024	5
Total	22

Nota. Detalles del escrutinio documental. Elaboración propia.

Gráfico 1
Distribución cronológica de estudios incluidos según criterios de búsqueda establecidos (2018–2024)



Nota. Tendencia anual de documentos analizados sobre tecnologías inmersivas en educación.
Elaboración propia.



- **Validación y Ajuste de Criterios:** Para validar los resultados del análisis comparativo, se realizaron ajustes a los criterios de evaluación a partir de las conclusiones extraídas de los estudios previos y las observaciones sobre el uso educativo de las herramientas. Esto garantizó que las herramientas seleccionadas estuvieran alineadas con los estándares pedagógicos y tecnológicos más relevantes.
- **Revisión de Experiencias Educativas:** Además del análisis técnico, se incluyó una revisión de experiencias educativas documentadas sobre el uso de las herramientas seleccionadas. Esta revisión proporcionó una perspectiva práctica sobre cómo cada herramienta había sido aplicada en entornos de enseñanza reales, permitiendo evaluar su efectividad en la mejora del rendimiento y la motivación de los estudiantes en la materia de geometría.
- **Aplicación de Instrumentos a Docentes del Grupo de investigación para la selección de la(s) herramienta(s):** Se aplicó una matriz de evaluación (ver Tabla 1) a cada una de las herramientas, la cual fue completada individualmente por los docentes del grupo de investigación. Dicha matriz se fundamentó en un instrumento estructurado que integró todos los puntos críticos a considerar en la evaluación, tales como alineación curricular, facilidad de uso, interactividad, accesibilidad tecnológica y potencial pedagógico, basada en una escala Likert.

Tabla 2

Instrumento de evaluación de herramientas RA/RV para enseñanza de geometría.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CRITERIO	ESCALA (1 A 5)
Alineación Curricular	NIVEL DE CORRESPONDENCIA CON LOS CONTENIDOS Y OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA DE GEOMETRÍA.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Idioma Accesible	DISPONIBILIDAD EN IDIOMA ESPAÑOL, QUE FAVORECE SU USO POR DOCENTES Y ESTUDIANTES.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Interactividad / Manipulación 3D	POSIBILIDAD DE INTERACTUAR Y MANIPULAR OBJETOS GEOMÉTRICOS EN 3D.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Compatibilidad Tecnológica	FUNCIONAMIENTO EN DIVERSOS DISPOSITIVOS (MÓVILES, TABLETAS, WEB, VR) Y SISTEMAS OPERATIVOS.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5



Facilidad de Uso / Usabilidad	INTUITIVIDAD, NAVEGACIÓN SIMPLE Y CURVA DE APRENDIZAJE ACCESIBLE PARA DOCENTES Y ESTUDIANTES.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Accesibilidad / Requisitos Técnicos	GRADO EN QUE SE PUEDE USAR SIN REQUERIMIENTOS COMPLEJOS COMO GAFAS VR O MATERIALES FÍSICOS ADICIONALES.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Relevancia para Geometría Tridimensional	NIVEL DE ENFOQUE EN CONCEPTOS COMO VOLUMEN, ÁREA, FORMAS 3D, Y SUS PROPIEDADES.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Recursos Educativos Complementarios	DISPONIBILIDAD DE GUÍAS, ACTIVIDADES O MATERIALES PEDAGÓGICOS DENTRO O FUERA DE LA APLICACIÓN.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Soporte Multiplataforma / Multilingüe	CAPACIDAD PARA OPERAR EN MÁS DE UNA PLATAFORMA Y OPCIÓN DE MÚLTIPLES IDIOMAS.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Potencial Motivacional y Pedagógico	CAPACIDAD DE DESPERTAR INTERÉS, MOTIVACIÓN Y FOMENTAR EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LOS ESTUDIANTES.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Nota. Criterios utilizados para evaluar aplicaciones de realidad aumentada y virtual. Elaboración propia.

3. RESULTADOS

A partir de la matriz de evaluación se generó una matriz general comparativa (ver Tabla 3), que analizó de manera sistemática diversas herramientas de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) orientadas a la enseñanza de la geometría, se identificaron múltiples opciones con características y fortalezas particulares. La evaluación integró dimensiones pedagógicas y tecnológicas relevantes, como el nivel de interacción, la alineación curricular, la facilidad de uso, la accesibilidad lingüística y la compatibilidad con diferentes plataformas digitales, entre otras.

Tabla 3

Evaluación Comparativa de Herramientas de RA y RV para Geometría con Fines Educativos.

HERRAMIENTA Y CARACTERÍSTICAS	EVALUACIÓN CRÍTICA	PROM (1-5)
----------------------------------	--------------------	---------------



CoSpaces Edu (RA + RV, Web/Móvil/VR, alta interacción, inglés, multiplataforma)	NO SELECCIONADA: IDIOMA INGLÉS Y ENFOQUE MÁS CREATIVO QUE CURRICULAR.	3.2
Merge Cube + Merge EDU (RA, móvil + objeto físico, alta interacción, español, Android/iOS)	NO SELECCIONADA: REQUIERE MATERIAL FÍSICO ADICIONAL.	2.8
GeoGebra AR (RA, móvil, alta interacción, español, orientado a modelado y cálculo)	NO SELECCIONADA: ÚTIL PERO MÁS AVANZADA, ENFOCADA EN CÁLCULO MATEMÁTICO.	3.5
CoSpaces Edu (RA + RV, Web/Móvil/VR, alta interacción, inglés, multiplataforma)	NO SELECCIONADA: NO TAN INTERACTIVA, SE ENFOCA EN OBSERVACIÓN MÁS QUE EN MANIPULACIÓN.	3.0
Merge Cube + Merge EDU (RA, móvil + objeto físico, alta interacción, español, Android/iOS)	NO SELECCIONADA: SIMILAR A GEOMETRÍA RA, PERO CON MENOR FOCO EN SÓLIDOS.	3.1
Geometría RA (RA, móvil, enfoque en docentes de secundaria, español, alineación curricular alta)	SELECCIONADA: EXCELENTE ACCESIBILIDAD, ALTA ALINEACIÓN CURRICULAR, FÁCIL DE USAR Y MUY ADECUADA PARA NIVEL ESCOLAR.	4.6
Sólidos RA (RA, móvil, enfoque en volúmenes y áreas, español, alta interacción)	SELECCIONADA: IDEAL PARA GEOMETRÍA TRIDIMENSIONAL, BUENA USABILIDAD Y TOTALMENTE EN ESPAÑOL.	4.7
3DBear (RA, móvil/tablet, escenarios creativos, idioma inglés)	NO SELECCIONADA: ENFOQUE MENOS ESTRUCTURADO, IDIOMA NO FAVORABLE.	2.9
VR Math by VR Education (RV, gafas VR, entorno inmersivo, inglés)	NO SELECCIONADA: REQUIERE HARDWARE COSTOSO, MENOS ACCESIBLE.	2.7



ThingLink (RA + RV, multiplataforma, aprendizaje activo, español)	NO SELECCIONADA: ENFOQUE GENERAL, NO ESPECÍFICO PARA GEOMETRÍA.	3.0
Panoform (VR, creatividad espacial, web, inglés)	NO SELECCIONADA: MENOR ALINEACIÓN CURRICULAR, INTERACCIÓN LIMITADA.	2.5
Wonderscope (RA, iOS, narrativa interactiva, inglés)	NO SELECCIONADA: ORIENTADA A STORYTELLING, NO APLICABLE DIRECTAMENTE A GEOMETRÍA.	2.6
ARitize 3D (RA, web/móvil, creación de modelos, inglés)	NO SELECCIONADA: ÚTIL PARA DISEÑO, NO CENTRADA EN GEOMETRÍA EDUCATIVA.	3.0
LearnAR Geometry (RA, web/RA, complemento didáctico, inglés)	NO SELECCIONADA: BUENA ALINEACIÓN CURRICULAR, PERO IDIOMA ES UNA BARRERA.	3.3

Nota. Evaluación comparativa de herramientas RA y RV aplicadas a geometría educativa. Elaboración propia.

Además, se realizó un resumen detallado de la evaluación promedio obtenida por cada una de las herramientas analizadas, considerando las puntuaciones asignadas por los cinco docentes participantes en el estudio. Este resumen permitió identificar tendencias comunes en las valoraciones, así como aspectos críticos que influyeron en la decisión final. La justificación de las herramientas seleccionadas se fundamenta en su alto grado de alineación curricular, facilidad de uso en contextos escolares, disponibilidad en idioma español, y su capacidad para favorecer la comprensión de conceptos geométricos tridimensionales de forma visual e interactiva. Los detalles completos de esta evaluación y el razonamiento que sustenta la elección de Geometría RA y Sólidos RA como las herramientas más adecuadas (ver Tabla 4).

Tabla 4:

Resumen de Evaluación Promedio y Justificación de Herramientas Seleccionadas.

Criterio de Evaluación	Geometría RA – Promedio (Justificación)	Sólidos RA – Promedio (Justificación)
Alineación Curricular	4.8 – Altamente alineada con contenidos de geometría escolar básica y media.	4.7 – Cubre específicamente sólidos geométricos, área y volumen.



Idioma Accesible	5.0 – Disponible completamente en español.	5.0 – Disponible completamente en español.
Interactividad / Manipulación 3D	4.5 – Interacción media-alta con objetos básicos, ideal para introducción de conceptos.	4.8 – Alta interactividad con sólidos en 3D; excelente para manipulación visual.
Compatibilidad Tecnológica	4.6 – Funciona bien en la mayoría de los smartphones Android.	4.6 – Compatible con Android; probado exitosamente en móviles y tablets.
Facilidad de Uso / Usabilidad	4.9 – Muy fácil de usar; interfaz intuitiva, sin curva de aprendizaje significativa.	4.7 – Uso sencillo, con buena experiencia en clase.
Accesibilidad / Requisitos Técnicos	5.0 – No requiere hardware adicional ni cuentas externas.	4.9 – Solo requiere teléfono móvil o tablet; no necesita accesorios.
Relevancia para Geometría Tridimensional	4.5 – Aborda figuras básicas, aunque más centrada en clases generales de geometría.	5.0 – Específicamente diseñada para geometría 3D: prismas, pirámides, cilindros, etc.
Recursos Educativos Complementarios	3.7 – Pocos recursos externos integrados, pero suficiente para acompañamiento docente.	4.0 – Dispone de explicaciones visuales y buenos modelos, aunque limitados.
Soporte Multiplataforma / Multilingüe	3.6 – Solo disponible en español y Android, pero suficiente para el contexto.	4.0 – Similar limitación; sin embargo, su orientación pedagógica compensa la falta de multiplataforma.
Potencial Motivacional y Pedagógico	4.7 – Motiva a los estudiantes al visualizar figuras en RA; útil en primeras fases de aprendizaje.	4.8 – Muy motivadora por su enfoque visual y dinámico en sólidos tridimensionales.
Promedio	4.6	4.7

Nota. Comparación de criterios evaluativos entre Geometría RA y Sólidos RA. Elaboración propia.

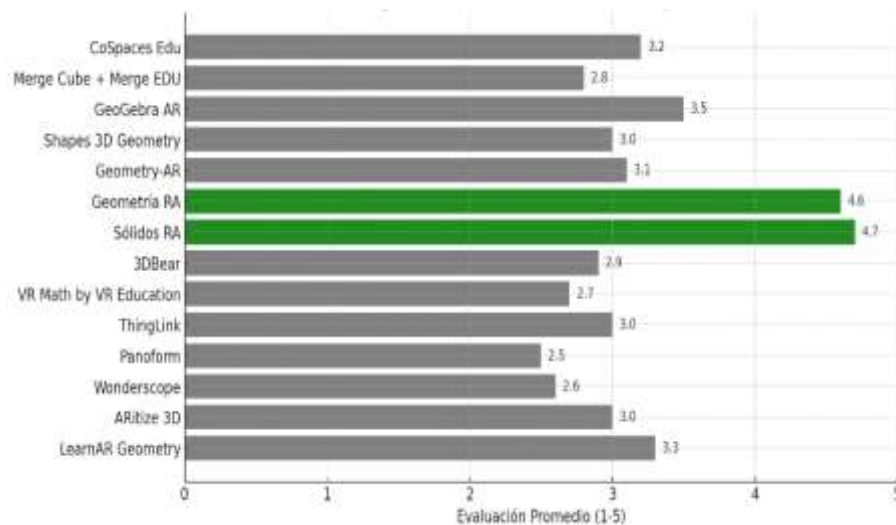
Estas herramientas demostraron ser potencialmente útiles según el contexto educativo específico, considerando tanto la disponibilidad de recursos como las necesidades diferenciadas de docentes y estudiantes. Algunas de ellas destacan por sus entornos creativos y flexibles, otras por facilitar la exploración manipulativa de figuras geométricas, o por ofrecer representaciones tridimensionales para la observación conceptual, mientras que



algunas se orientan al modelado matemático de mayor complejidad. Sin embargo, no todas las herramientas evaluadas cumplen con los criterios esenciales para una implementación efectiva y sostenible en contextos escolares, especialmente en aquellos donde existen limitaciones tecnológicas, barreras idiomáticas o restricciones metodológicas.

Gráfico 2

Evaluación Promedio Comparativa de Herramientas RA/RV para enseñanza de geometría.



Nota. Comparación de promedios obtenidos en herramientas RA y RV para geometría. Elaboración propia.

En este contexto, la selección final se centró en dos herramientas que sobresalen consistentemente en todos los criterios de análisis definidos: Geometría RA y Sólidos RA. Estas aplicaciones no solo presentan una alta alineación curricular, permitiendo su integración directa en los contenidos de geometría plana y tridimensional del currículo escolar, sino que también ofrecen una interfaz accesible, en idioma español, lo cual favorece su adopción en entornos hispanohablantes. Además, cuentan con recursos altamente interactivos, intuitivos y diseñados con un enfoque claro hacia el aprendizaje activo, significativo y centrado en el estudiante.

Estas fortalezas convierten a Geometría RA y Sólidos RA en herramientas didácticas de alta pertinencia, no solo por su robustez tecnológica, sino por su valor pedagógico, su accesibilidad operativa y su capacidad de contribuir significativamente al desarrollo del pensamiento espacial, la visualización geométrica y la comprensión conceptual en



estudiantes de nivel escolar. Su implementación en el aula representa una respuesta coherente y efectiva a las exigencias de una educación matemática más dinámica, inclusiva e innovadora.

4. DISCUSIÓN

La evaluación de herramientas de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) aplicadas a la enseñanza de la geometría, a través de los criterios pedagógicos y tecnológicos establecidos, ha revelado insights clave para una integración efectiva de estas tecnologías en el aula. El análisis comparativo realizado permitió identificar herramientas que no solo cumplen con los requisitos técnicos, sino que también están alineadas con enfoques pedagógicos que favorecen el aprendizaje activo y significativo.

A nivel local, nacional e internacional, se ha observado que la incorporación de RA y RV en la enseñanza de la geometría mejora la comprensión de conceptos complejos. Diversos estudios han demostrado que estas tecnologías facilitan la visualización y manipulación de figuras geométricas tridimensionales, lo que contribuye significativamente al desarrollo del pensamiento espacial en los estudiantes. La capacidad de interactuar con objetos geométricos virtuales promueve una mayor inmersión y comprensión en comparación con métodos tradicionales de enseñanza [25], [26], [27].

Sin embargo, el análisis también ha identificado que no todas las herramientas evaluadas se ajustan a las necesidades pedagógicas y tecnológicas de un contexto escolar. Factores como el idioma, la accesibilidad en diferentes dispositivos, el nivel de interactividad y la alineación curricular juegan un papel fundamental en la selección de herramientas adecuadas para la enseñanza de la geometría. Por ejemplo, herramientas como CoSpaces Edu, Merge Cube y 3DBear fueron descartadas principalmente debido a la barrera del idioma, su orientación más creativa que curricular, y la necesidad de adquirir costosos dispositivos de realidad aumentada y virtual, lo que las hacía menos adecuadas para su uso en el aula con fines específicos de enseñanza geométrica. Además, se han identificado dificultades relacionadas con la integración de estas tecnologías y la falta de formación docente adecuada, lo que subraya la necesidad de fortalecer la capacitación y la alfabetización digital para maximizar su potencial en contextos educativos [28], [29], [30][31].

En contraste, "Geometría RA" y "Sólidos RA" emergieron como las opciones más adecuadas. Estas herramientas no solo están disponibles en español, sino que también



presentan una alta alineación curricular y recursos interactivos que fomentan la comprensión de la geometría tanto en su forma plana como tridimensional. La facilidad de uso y la compatibilidad multiplataforma permiten que sean accesibles para estudiantes y docentes con diversos niveles de habilidad tecnológica, lo que facilita su adopción en entornos educativos con recursos limitados.

A nivel internacional, investigaciones previas han destacado el impacto positivo de RA y RV en la enseñanza de matemáticas, con un énfasis particular en la mejora de la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. Estos resultados se reflejan en nuestra investigación, donde las herramientas seleccionadas fueron consideradas altamente efectivas en términos de su capacidad para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje interactivo y fomentar un enfoque más visual y experimental de la geometría [31], [32], [33], [34].

Sin embargo, también se debe considerar que la implementación exitosa de RA y RV en el aula requiere no solo la disponibilidad de herramientas adecuadas, sino también una capacitación continua de los docentes y la infraestructura tecnológica necesaria. La falta de formación docente en el uso de estas tecnologías, como se ha señalado en estudios previos [16], sigue siendo una barrera significativa para su adopción efectiva. Además, la sostenibilidad de estas herramientas a largo plazo depende de la capacidad de las instituciones educativas para integrar estos recursos dentro de un enfoque pedagógico coherente y alineado con los objetivos de aprendizaje.

Los resultados de este análisis refuerzan la idea de que la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual tienen un gran potencial para mejorar la enseñanza de la geometría, siempre que se elijan herramientas que no solo sean tecnológicamente avanzadas, sino que también se alineen con los objetivos pedagógicos y las necesidades del contexto educativo. Las herramientas seleccionadas, "Geometría RA" y "Sólidos RA", representan una opción sólida y accesible para promover un aprendizaje activo y motivador de la geometría, contribuyendo al desarrollo del pensamiento crítico y espacial de los estudiantes.

5. CONCLUSIONES

La integración de tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) en la enseñanza de la geometría ofrece nuevas oportunidades para mejorar la comprensión de conceptos abstractos. La evaluación comparativa de herramientas RA y RV ha permitido identificar plataformas con características clave que favorecen el desarrollo de



habilidades visuales y espaciales en los estudiantes, destacando Geometría RA y Sólidos RA por su alineación curricular, accesibilidad en español y alta interactividad.

Estas herramientas promueven un aprendizaje activo y constructivista, permitiendo a los estudiantes explorar y manipular conceptos geométricos de manera dinámica. Además, su compatibilidad multiplataforma y facilidad de integración con dispositivos móviles las hace accesibles en diversos contextos educativos, incluso con limitaciones tecnológicas.

Pedagógicamente, las herramientas seleccionadas fomentan la participación del estudiante, alineándose con enfoques como el aprendizaje basado en proyectos y la gamificación, lo que mejora la motivación y la comprensión. No obstante, se identifica una barrera lingüística, ya que algunas herramientas no ofrecen soporte en español, lo cual limita su aplicabilidad en contextos hispanohablantes.

A pesar de las fortalezas, la capacitación docente en el uso pedagógico de RA y RV es fundamental para maximizar su impacto. Aunque estas herramientas son intuitivas, su integración efectiva requiere formación continua, además de un soporte técnico adecuado. La sostenibilidad de su uso dependerá también de la infraestructura tecnológica disponible en las instituciones educativas.

Este estudio proporciona una guía útil para docentes y diseñadores instruccionales al evaluar herramientas RA y RV para la enseñanza de la geometría. A medida que estas tecnologías evolucionan, es esencial seguir evaluando y adaptando las herramientas para satisfacer las necesidades cambiantes de los estudiantes y docentes, mejorando así el proceso de enseñanza-aprendizaje en el siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cahyono, B., Firdaus, M. B., Budiman, E., & Wati, M. (2018). *Augmented reality applied to geometry education*. In *Proceedings - 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of Things for Industry, EIconCIT 2018*. <https://doi.org/10.1109/EIconCIT.2018.8878553>
- [2] Cao, R., & Liu, Y. (2019). *Hand controlAR: An augmented reality application for learning 3D geometry*. In *Adjunct Proceedings of the 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2019*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00-60>



- [3] Pierre Lino Gomes, A., Argenton Ramos, R., Florêncio de Brito, L., Ferreira Batista, M., & Gonçalves Leal, B. (2019). *GeometriAR: aplicativo educacional com realidade aumentada para auxiliar o ensino de sólidos geométricos*. *RENOTE*, 17(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.95848>
- [4] Moreira Alves, E., De Oliveira Barbosa, L. S., & Conrado de Souza, I. (2023). *A realidade aumentada como objeto de aprendizagem: uso do aplicativo sólidos RA como ferramenta de apoio no processo de ensino e aprendizagem*. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 4(8). <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i8.3718>
- [5] Moral-Sánchez, S. N., Sánchez-Compañía, M. A. T., & Romero, I. (2022). *Geometry with a STEM and gamification approach: A didactic experience in secondary education*. *Mathematics*, 10(18). <https://doi.org/10.3390/math10183252>
- [6] Buentello-Montoya, D. A., Lomelí-Plascencia, M. G., & Medina-Herrera, L. M. (2021). *The role of reality enhancing technologies in teaching and learning of mathematics*. *Computers & Electrical Engineering*, 94, 107287. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107287>
- [7] Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W. (2025). *Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: Trends, advantages and challenges*. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z>
- [8] Domínguez Vázquez, B. C., & Díaz Palencia, J. L. (2024). *A classroom experience for teaching and learning of high school geometry through virtual reality*. *Pedagogical Research*, 9(3), em0210.
- [9] Tarng, W., Huang, J.-K., & Ou, K.-L. (2024). *Improving elementary students' geometric understanding through augmented reality and its performance evaluation*. *Systems*, 12(11), 493.
- [10] Muhammad, I., Kusumah, Y. S., Turmudi, T., Elmawati, E., & Maharani, S. (2024). *A comprehensive analysis of augmented reality applications for geometry education: A systematic literature review and bibliometric analysis*. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, dan Agama*, 16(1), 519–530.
- [11] Bertrand, M. G., Sezer, H. B., & Namukasa, I. K. (2024). *Exploring AR and VR tools in mathematics education through culturally responsive pedagogies*. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10(3), 462–486. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00152-x>



- [12] Flores-Castañeda, R. O., Olaya-Cotera, S., & Iparraguirre-Villanueva, O. (2024). *Benefits of metaverse application in education: A systematic review*. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(1), 61–81. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i1.42421>
- [13] Shabanova, M., Bezumova, O., & Kotova, S. (2025). *Geometric abstractions in real space: New opportunities for distance learning and teaching geometry*. In *Scopus* (pp. 53–61). https://doi.org/10.1007/978-3-031-84039-5_6
- [14] Salahuddin, M., Juliawan, R., & Fathurrahmaniah, F. (2025). *Development of a culturally integrated augmented reality learning application using deep learning to promote critical thinking and support SDGs in mathematics education*. *Journal of Engineering Science and Technology*, 20.
- [15] 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>
- [16] Abadia, R., Fritsch, J., Abdelaal, S., & Jayawickrama, T. (2024). Opportunities overcome challenges in adopting immersive virtual reality in online learning. *Computers and Education Open*, 7, 100208. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100208>
- [17] Betts, K., et al. (2023). An examination of the effects of virtual reality training on spatial visualization and transfer of learning. *Brain Sciences*, 13(6), 890.
- [18] Chao, W.-H., & Chang, R.-C. (2020). The impact of applying virtual reality technology to spatial ability learning in elementary school students. In *International Conference on Innovative Technologies and Learning* (pp. 137–144). Springer.
- [19] López Chica, J. A., Egas García, J. P., Villacís Montoya, D. I., & Vizuite Vizuela, F. O. (2023). Aplicación de la realidad aumentada y aprendizaje de la geometría en el espacio para tercero de bachillerato de la unidad educativa El Empalme. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9446–9462. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5140
- [20] Pujos Ganazhapa, J. A., Acosta Gómez, C. F., Aulla Paca, C. H., Acosta Gómez, D. M., & Murillo Tayo, J. A. (2024). Realidad aumentada para mejorar el aprendizaje de la geometría en estudiantes de octavo grado de la Unidad Educativa “12 de Noviembre”. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 12125–12151. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.11743



- [21] Barboto Sanabria, C. M., Rómulo Hernán, R. A., Cordovilla Villacís, C. A., Barba Salazar, P. F., Santillán Sevillano, N. D. C., & Suárez Santillán, L. J. (2025). Impacto de la realidad aumentada en la enseñanza y aprendizaje de ciencias naturales: Un estudio de caso. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 01–20. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15487
- [22] Betts, K., et al. (2023). An examination of the effects of virtual reality training on spatial visualization and transfer of learning. *Brain Sciences*, 13(6), 890.
- [23] Amir, M. F., Fediyanto, N., Rudyanto, H. E., Afifah, D. S. N., & Tortop, H. S. (2020). Elementary students' perceptions of 3Dmetric: A cross-sectional study. *Heliyon*, 6(6).
- [24] Hidajat, F. A. (2024). Augmented reality applications for mathematical creativity: A systematic review. *Journal of Computers in Education*, 11(4), 991–1040. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00287-7>
- [25] Carmona Ramírez, L. H., & Montoya-Suárez, L. Á. (2023). Assessment of learning of Platonic solids by using augmented reality and situations didactic theory. *Scientia et Technica*, 27(4), 262–266. <https://doi.org/10.22517/23447214.24771>
- [26] Zekeik, H., Mouali, S., Sefian, M. L., & Khalfouni, M. (2025). Enhancing geometry learning with mobile augmented reality: Evaluating the GeoFormeAR application in middle school education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(20). <https://doi.org/10.3991/ijim.v19i20.56381>
- [27] Crolla, K., & Sheikh, A. T. (2025). Grasshopper VR: Development of an immersive visualisation interface for parametric design workspaces. *Virtual Reality*, 29(3). <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01174-5>
- [28] Silva Díaz, F., Carrillo Rosúa, J., Fernández Ferrer, G., Marfil Carmona, R., & Narváez, R. (2024). Assessment of immersive technologies and STEM focus in initial teacher training. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1). <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37688>
- [29] Beheshti, M., Yujin Kang, E., Yan, S., Louime, E., Hancock, C., & Hira, A. (2024). Augmented reality in a sustainable engineering design context: Understanding students' collaboration and negotiation practices. *Sustainability*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/su16010379>



[30] Kozlitin, D., Kozak, L., Krystopchuk, T., & Kochmar, D. (2021). The application of augmented reality in education and development of students cognitive activity. In CEUR Workshop Proceedings.

[31] Selvakumar, S., & Sivakumar, P. (2023). Immersive learning: Unlocking the future of education. Thiagarajar College of Preceptors Edu Spectra, 5(S1). <https://doi.org/10.34293/eduspectra.v5is1-may23.003>

[32] Al-Ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., & Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100532>

[33] Barrios Soto, L. M., Maradey Coronell, J. A., & Delgado González, M. J. (2022). Realidad aumentada para el desarrollo del pensamiento geométrico variacional. Revista Científica UISRAEL, 9(3). <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n3.2022.599>

[34] Chonchaiya, R., & Srithammee, N. (2025). Augmented reality as a tool for enhancing geometry learning and improving mathematical understanding. ECTI Transactions on Computer and Information Technology, 19(2). <https://doi.org/10.37936/ecti-cit.2025192.260291>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Alfredo Ramón Tumbaco Reyes (ARTR), Jimmy Gabriel Rivera Ramirez (JGRR), Maria Gabriela Campuzano Paez (MGCP), Carlos Efraín Sánchez León (CESL).

1. Conceptualización: (ARTR) (JGRR)
2. Curación de datos: (MGCP) (CESL)
3. Análisis formal: (ARTR) (MGCP)
4. Adquisición de fondos: (JGRR)
5. Investigación: (ARTR) (JGRR) (MGCP)
6. Metodología: (ARTR) (CESL)
7. Administración del proyecto: (JGRR)



8. Recursos: (CESL)
9. Software: (MGCP)
10. Supervisión: (ARTR)
11. Validación: (JGRR) (CESL)
12. Visualización: (MGCP)
13. Redacción – Borrador original: (ARTR) (MGCP)
14. Redacción – Revisión y edición: (ARTR) (JGRR) (CESL)

