

Impacto de la realidad extendida
en el proceso de
enseñanza-aprendizaje
en disciplinas como la
ingeniería, la tecnología
y ciencias aplicadas.



Desafíos de la realidad extendida en la educación técnica: una revisión sistemática

Challenges of Extended Reality in Technical Education: A Systematic Review

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo identificar los principales desafíos y beneficios de la implementación de la realidad extendida (XR), que incluye la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad mixta (MR), en la educación técnica en disciplinas como ingeniería, tecnología y ciencias aplicadas. A través de una revisión sistemática de la literatura, se han analizado las barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales que dificultan la integración efectiva de XR en los currículos educativos. La metodología empleada sigue un enfoque PRISMA, con la búsqueda de artículos relevantes en la base de datos Scopus, utilizando una combinación de palabras clave relacionadas con XR y educación técnica. Se seleccionaron 43 estudios que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Los resultados principales indican que la XR puede mejorar significativamente la retención de conocimientos, la comprensión de conceptos complejos y la motivación estudiantil. Sin embargo, la implementación de XR enfrenta importantes desafíos, como la necesidad de equipos especializados, la capacitación de los docentes y los altos costos asociados. Adicionalmente, se identificaron problemas vinculados a la resistencia al cambio y la falta de políticas institucionales claras para la adopción de estas tecnologías. Las conclusiones destacan la necesidad de invertir en infraestructura tecnológica y formación continua para los educadores, así como desarrollar políticas de apoyo que faciliten la integración de XR en la educación técnica. Superar estas barreras permitirá aprovechar al máximo el potencial de XR para mejorar la calidad y eficacia de la enseñanza en disciplinas técnicas avanzadas como la ingeniería, la tecnología y las ciencias aplicadas.

ABSTRACT

The present study aims to identify the main challenges and benefits of implementing Extended Reality (XR), which includes Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), and Mixed Reality (MR), in technical education within disciplines such as engineering, technology, and applied sciences. Through a systematic literature review, technological, pedagogical, and institutional barriers that hinder the effective integration of XR into educational curricula have been analyzed. The methodology employed follows a PRISMA approach, with the search for relevant articles conducted in the Scopus database, using a combination of keywords related to XR and technical education. A total of 43 studies that met the predefined inclusion and exclusion criteria were selected. The main findings indicate that XR can significantly enhance knowledge retention, the understanding of complex concepts, and student motivation. However, the implementation of XR faces significant challenges, such as the need for specialized equipment, teacher training, and the associated high costs. Additionally, issues related to resistance to change and the lack of clear institutional policies for adopting these technologies were identified. The conclusions highlight the need to invest in technological infrastructure and continuous training for educators, as well as to develop supportive policies that facilitate the integration of XR in technical education. Overcoming these barriers will allow for the full potential of XR to be realized, improving the quality and effectiveness of teaching in advanced technical disciplines such as engineering, technology, and applied sciences.



Palabras Claves

Realidad extendida (XR), realidad aumentada (AR), realidad virtual (VR), realidad mixta (MR), educación especializada, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), innovación pedagógica.

Key words

Extended Reality (XR), Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR), Specialized Education, Information and Communication Technologies (ICT), Pedagogical Innovation.

INTRODUCCIÓN

En la última década, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han transformado significativamente la educación, y la realidad extendida (XR) ha emergido como una herramienta innovadora. XR, que abarca la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad mixta (MR), está redefiniendo los métodos de enseñanza y aprendizaje en la educación técnica, especialmente en áreas como la ingeniería, la tecnología y las ciencias aplicadas. Estas tecnologías ofrecen experiencias inmersivas que facilitan la comprensión de conceptos complejos y el desarrollo de habilidades técnicas avanzadas [1].

La integración de XR en los currículos educativos no ha sido un camino sencillo. Las instituciones educativas se enfrentan a barreras tecnológicas significativas, como la necesidad de equipos especializados y problemas de compatibilidad de *software* y *hardware* [2]. Además, los costos asociados con la implementación y el mantenimiento de estas tecnologías pueden ser prohibitivos, especialmente para instituciones con recursos limitados [3]. A esto se suma la necesidad de capacitar adecuadamente a los docentes, lo cual requiere un esfuerzo considerable en términos de tiempo y recursos [4].

El entusiasmo por las aplicaciones de XR en la educación es evidente, aunque aún existe una brecha considerable entre su potencial y su implementación práctica. Diversas investigaciones han demostrado que XR puede mejorar significativamente el rendimiento académico y aumentar el compromiso de los estudiantes, especialmente en áreas como la medicina y la ingeniería [5]. Sin embargo, es fundamental evaluar críticamente cómo estas tecnologías pueden integrarse eficazmente en los programas educativos para maximizar su impacto [7].

Este estudio tiene como objetivo principal identificar y analizar los desafíos y beneficios de la implementación de XR en la educación técnica. Además, busca reconocer las barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales que dificultan su adopción y proponer estrategias para una integración más efectiva en los currículos educativos [8]. Estos objetivos se justifican por la necesidad de ofrecer una base sólida que permita a las instituciones educativas y a los responsables de políticas desarrollar enfoques más efectivos y sostenibles para la adopción de XR.

El análisis de estos aspectos es relevante no solo para académicos e investigadores, sino también para educadores, administradores y responsables de políticas educativas que buscan maximizar las oportunidades que la realidad extendida ofrece para mejorar la calidad y eficacia de la educación en disciplinas técnicas avanzadas [9]. La exploración de las prácticas actuales y las áreas de mejora, a través de una revisión sistemática de la literatura, proporcionará una visión comprensiva y recomendaciones prácticas valiosas para futuras investigaciones y aplicaciones en el ámbito educativo [10].

FUNDAMENTOS

Realidad extendida (XR)

La realidad extendida (XR) es un término general que abarca tecnologías inmersivas como la realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad mixta (MR). Estas tecnologías han demostrado ser herramientas poderosas en el ámbito educativo, ofreciendo nuevas formas de interacción y aprendizaje. Por ejemplo, en la educación técnica y de diseño, XR permite a los estudiantes no solo visualizar conceptos complejos, sino también interactuar con ellos de manera más efectiva [1]. Además, XR facilita la comprensión de ideas complejas al permitir explorar objetos virtuales en tres dimensiones, mejorando así la retención de conocimientos [15].

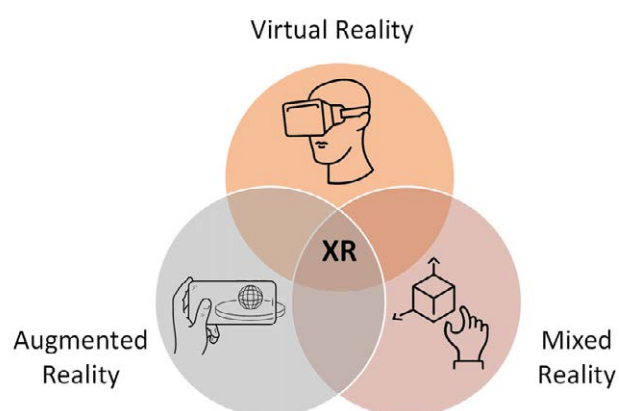


Figura 1. Tecnologías de realidad extendida (XR)

Fuente: [12].

Realidad aumentada (AR)

La realidad aumentada (AR) superpone información digital sobre el mundo real, proporcionando una capa adicional de datos interactivos en tiempo real. En el ámbito educativo, AR ha demostrado ser eficaz para mejorar el aprendizaje colaborativo y la retención de conocimientos [7], permitiendo a los estudiantes visualizar modelos 3D complejos, como se muestra en la figura a, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos [23].

Además, AR tiene aplicaciones prácticas en diversos campos. En turismo, por ejemplo, se utiliza para superponer información relevante sobre puntos de interés en la pantalla del usuario, mejorando la experiencia de exploración urbana (figura b). También es útil en la traducción de texto en tiempo real (figura c), permitiendo a los usuarios comprender rápidamente señales en otros idiomas. En el ámbito técnico, AR guía a los técnicos durante el mantenimiento automotriz (figura d), superponiendo información crítica sobre las piezas del motor, lo que optimiza la precisión y eficiencia de las reparaciones.



Figura 2. Aplicaciones típicas que utilizan tecnología de realidad aumentada: (a) educación; (b) herramienta auxiliar; (c) traducción de idiomas; (d) ensamble en manufactura

Fuente: [18].

Realidad virtual (VR)

La realidad virtual (VR) sumerge a los usuarios en entornos completamente virtuales, eliminando cualquier percepción del mundo real. En el ámbito educativo, VR ha demostrado ser especialmente eficaz para recrear escenarios difíciles de replicar en un aula tradicional, como simulaciones de procedimientos quirúrgicos o la construcción de puentes en ingeniería [5]. Esta tecnología permite a los estudiantes practicar habilidades complejas en un entorno seguro y controlado, lo que aumenta su confianza y precisión en el desempeño [23].

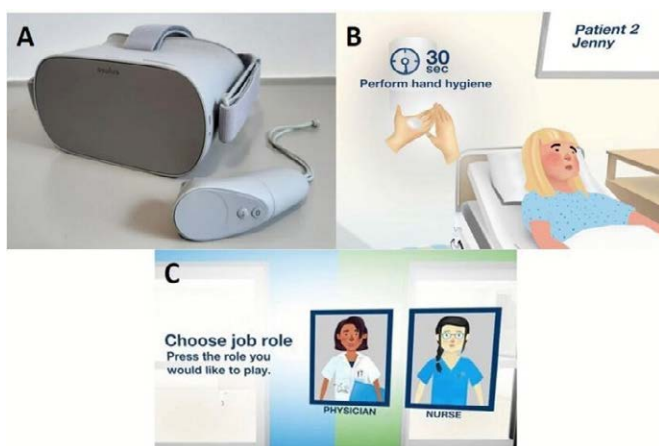


Figura 3. Entrenamiento en realidad virtual, hardware y software. A: Visor y controlador Oculus Go; B: Captura de pantalla durante la lección; cortesía de Essity. C: Selección de profesión; cortesía de Essity.

Fuente: [6].

Realidad mixta (MR)

La realidad mixta (MR) integra elementos del mundo real con virtuales, permitiendo interacciones entre ambos en tiempo real. Esta tecnología es especialmente útil en disciplinas que requieren la manipulación simultánea de objetos reales y virtuales. En el ámbito de la formación técnica, MR se ha utilizado para entrenar a estudiantes en mantenimiento industrial, donde pueden interactuar con equipos reales mientras reciben guías digitales superpuestas que les orientan en los procedimientos de reparación [3].

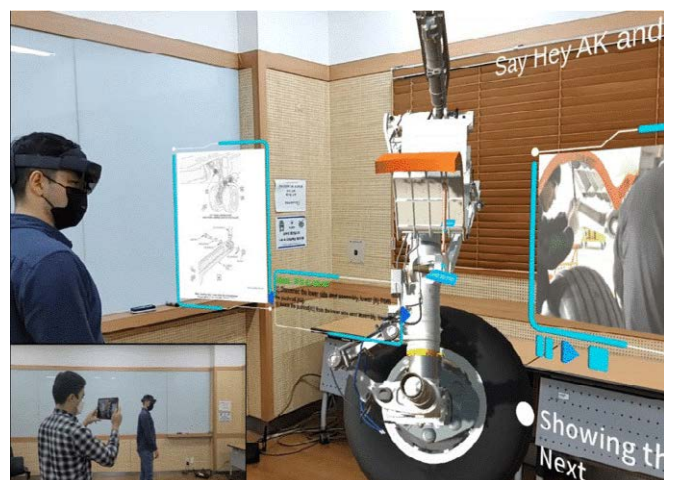


Figura 4. Educación en mantenimiento basada en realidad mixta para la remoción del tren de aterrizaje de un Boeing 737, capturada con Spectator View, que permite visualizar contenido de realidad mixta de HoloLens desde dispositivos secundarios.

Fuente: [25].

Diferencias entre AR, VR y MR

Aunque AR, VR y MR son componentes de XR, cada uno ofrece diferentes niveles de inmersión y tipos de interacción. AR añade elementos digitales al entorno real, VR crea un entorno completamente virtual, y MR combina ambos mundos permitiendo

interacciones más complejas. Estas diferencias son cruciales para seleccionar la tecnología adecuada según las necesidades educativas específicas. Por ejemplo, AR puede ser más útil para mejorar materiales de estudio existentes, mientras que VR puede ser más adecuado para simulaciones completas y MR para aplicaciones que requieren interacción con el mundo físico [29].

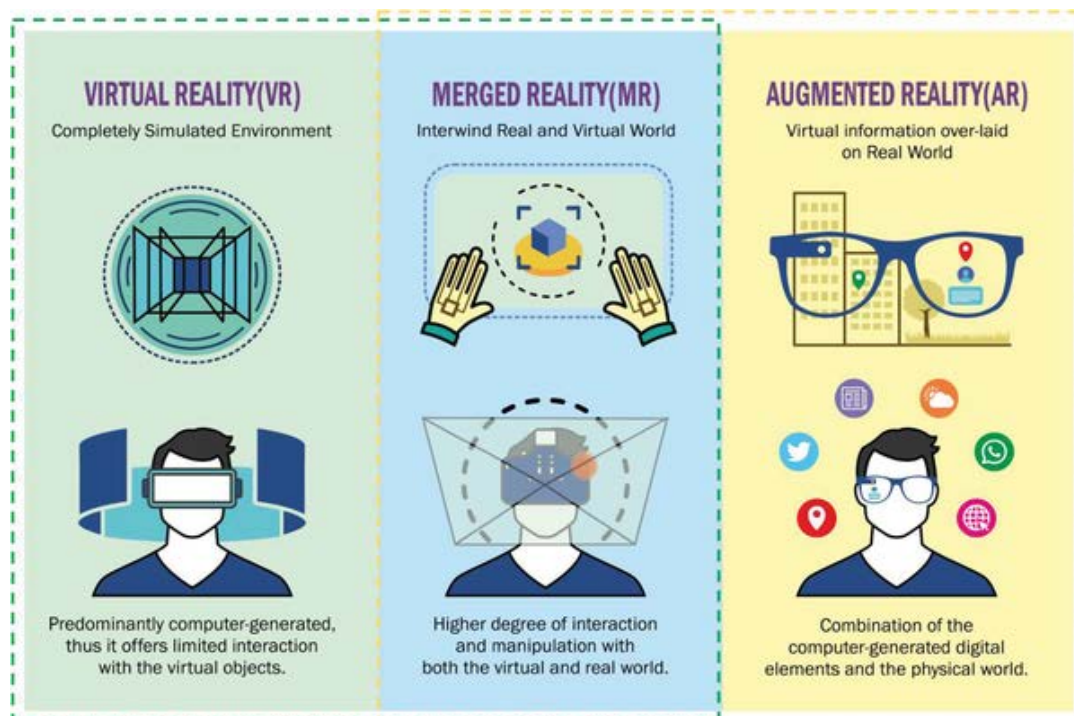


Figura 5. Ilustración esquemática de realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta.

Fuente: [21].

STEM

Las disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) son clave para desarrollar competencias técnicas avanzadas. La educación en STEM impulsa el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la innovación. La incorporación de tecnologías XR en estas áreas facilita una comprensión más profunda y práctica de los conceptos, desde experimentos científicos virtuales hasta proyectos de ingeniería interactivos [20].

Educación técnica

La educación técnica se enfoca en enseñar habilidades prácticas y aplicadas, directamente relevantes para el mercado laboral. Las tecnologías XR pueden mejorar significativamente esta formación al ofrecer entornos de aprendizaje interactivos y simulados, donde los estudiantes practican y perfeccionan sus habilidades sin los riesgos asociados a la capacitación en entornos reales [1].

Habilidades técnicas

Las habilidades técnicas son competencias específicas y prácticas necesarias en diversas profesiones. Estas incluyen desde el conocimiento de herramientas y tecnologías concretas hasta la aplicación de teorías científicas en situaciones prácticas. Las tecnologías XR desempeñan un papel crucial en el desarrollo de estas habilidades, al permitir prácticas repetitivas y retroalimentación inmediata en un entorno controlado [15].

METODOLOGÍA

La investigación se estructuró como una búsqueda sistemática de literatura, comenzando con la formulación de una pregunta basada en el modelo PICO para orientar eficazmente la recopilación de información pertinente. Para asegurar la calidad y relevancia de los datos obtenidos, se eligió Scopus como la plataforma principal para la revisión de la literatura. La formulación de la pregunta PICO precedió la búsqueda, facilitando la identificación y selección precisa de estudios que abordan la temática central de esta investigación:

Tabla 1
Componentes de la pregunta PICO

Componente	Indica	Respuesta
P	Educadores y programas académicos en disciplinas especializadas que incorporan tecnologías XR	"Higher education", "engineering education", "medical education", "science education", "technical education", "professional training"
I	Enfoques de enseñanza que involucran Realidad Extendida.	"Virtual Reality", "Augmented Reality", "Mixed Reality", "XR", "pedagogical strategies", "educational innovation"
C	Evaluación de XR frente a métodos tradicionales o convencionales	"Evaluation", "comparative analysis", "effectiveness comparison"
O	Desafíos y resultados del uso de XR en la educación	"Challenges", "Integration challenges", "implementation challenges", "barriers", "obstacles", "effectiveness in education", "educational impact", "learning outcomes"

Fuente: Elaboración propia.

Se formuló la siguiente pregunta de investigación para orientar este estudio: «¿Cuáles son los desafíos identificados al integrar la realidad extendida en la educación especializada en disciplinas como medicina, ingeniería y ciencias, en comparación con los métodos educativos tradicionales, y qué estrategias efectivas se han propuesto para superarlos?».

A partir de esta pregunta, se definieron palabras clave relevantes que permitieron construir una ecuación de búsqueda precisa, garantizando la identificación de literatura pertinente y confiable sobre el tema.

Para la revisión sistemática, se diseñó una estrategia de búsqueda detallada utilizando la base de datos Scopus. La búsqueda combinó términos clave que abarcan varios ámbitos educativos y tecnologías de realidad extendida, así como términos asociados con la evaluación y los desafíos de su implementación. La ecuación generada para la búsqueda en Scopus fue la siguiente:

TITLE-ABS-KEY ("higher education" OR "engineering education" OR "medical education" OR "science education" OR "technical education" OR "professional training") AND TITLE-ABS-KEY ("Virtual Reality" OR "Augmented Reality" OR "Mixed Reality" OR "XR" OR "pedagogical strategies" OR "educational innovation") AND TITLE-ABS-KEY ("evaluation" OR "comparative analysis" OR "effectiveness comparison" OR "traditional teaching methods" OR "non-XR educational methods" OR "conventional teaching practices") AND TITLE-ABS-KEY ("challenges" OR "integration challenges" OR "implementation challenges" OR "barriers" OR "obstacles" OR "effectiveness in education" OR "educational impact" OR "learning outcomes").

La metodología PRISMA guio la selección de artículos para este estudio mediante un enfoque riguroso basado en criterios explícitos de inclusión y exclusión. Este proceso sistemático permitió una evaluación estructurada y precisa de la literatura, asegurando la relevancia y calidad de los resultados incluidos en el análisis.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- CI01: Artículos que estudien la integración de tecnologías de realidad extendida en entornos educativos especializados (medicina, ingeniería y ciencias).

- CI02: Publicaciones que analicen los desafíos en la implementación de XR y las estrategias pedagógicas para superarlos.
- CI03: Estudios que informen sobre la efectividad, el impacto o los resultados de aprendizaje derivados del uso de XR en educación.
- CI04: Artículos de texto completo disponibles en bases de datos indexadas de Scopus.

Los criterios de exclusión incluyeron lo siguientes:

- CE01: Estudios que no aborden el uso de tecnologías de XR.
- CE02: Documentos publicados antes de 2018, para asegurar la relevancia actual.
- CE03: Artículos en idiomas distintos de inglés o español.
- CE04: Documentos en desarrollo y que no sean artículos de revista o revisiones.

Esta búsqueda inicial identificó 422 artículos. Tras el cribado por título y resumen, el conjunto se redujo a 367 artículos para revisión detallada. De estos, solo 150 estaban disponibles en texto completo y se evaluaron rigurosamente. Durante la revisión de elegibilidad, se descartaron 107 artículos que no cumplían los criterios de inclusión o infringían los de exclusión, centrados en la relevancia de los desafíos de implementación de XR en educación técnica y otros aspectos metodológicos esenciales. Finalmente, 43 estudios cumplieron todos los requisitos y fueron seleccionados para la revisión sistemática, proporcionando una base sólida para analizar los desafíos y estrategias de integración de XR en contextos educativos especializados. El diagrama de flujo PRISMA adjunto ilustra este proceso visualmente.

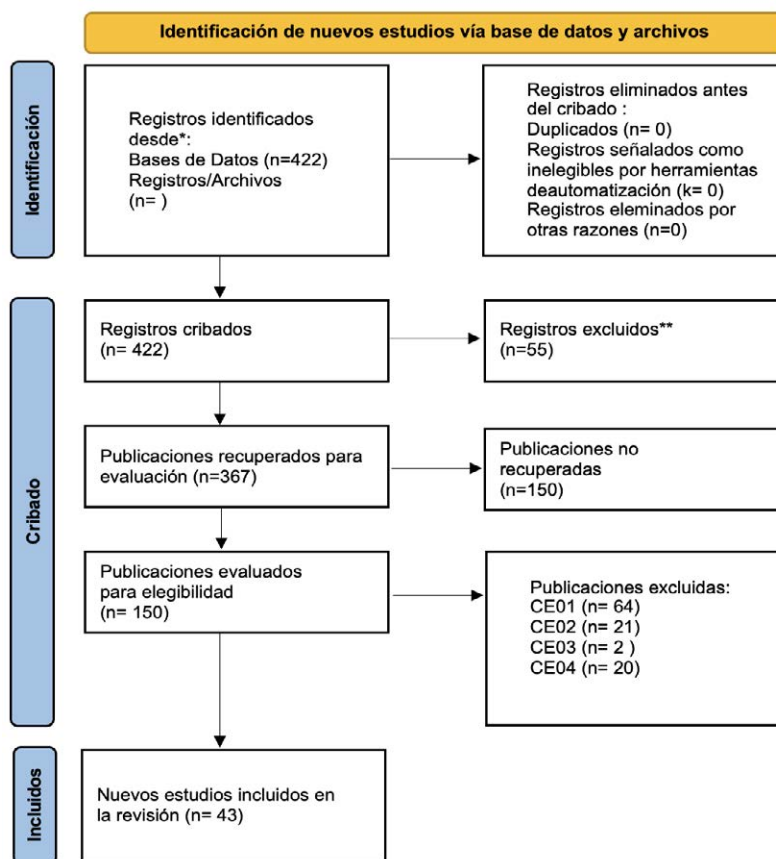


Figura 6. Diagrama de la metodología PRISMA aplicada a la presente investigación
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

En la revisión sistemática sobre los desafíos del uso de la realidad extendida (XR) en la educación técnica especializada, se examinaron 43 artículos seleccionados a través de Scopus. Los gráficos adjuntos muestran la distribución de documentos por año y tipo.

El primer gráfico presenta la cantidad de documentos publicados anualmente, destacando un aumento significativo en 2023 y una disminución en lo que va de 2024:

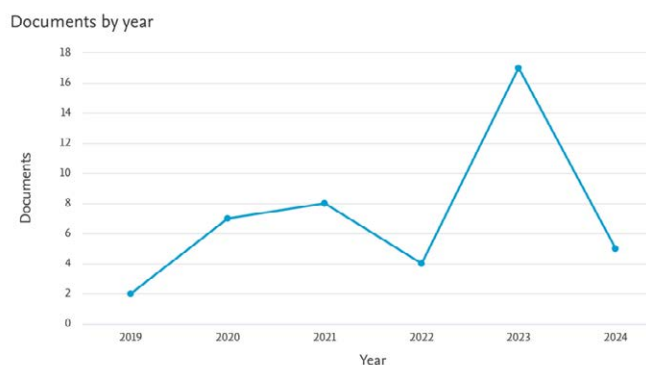


Figura 7. Cantidad de artículos científicos publicados por año
Fuente: [24].

El segundo gráfico muestra la distribución de documentos por tipo: la mayoría corresponde a artículos de investigación (81,4 %), mientras que un porcentaje menor son revisiones (18,6 %):

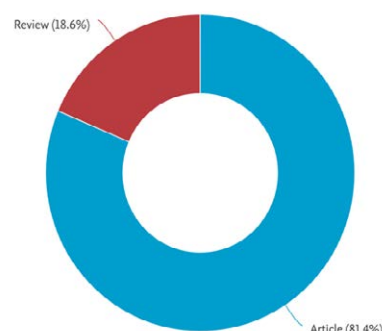


Figura 8. Distribución de artículos científicos por tipo de documento
Fuente: [24].

Para abordar los desafíos identificados en la integración de XR en la educación, se formularon subpreguntas basadas en el modelo PICO para explorar distintos aspectos del tema. A continuación, se presentan las respuestas a cada subpregunta PICO mediante tablas detalladas que incluyen referencias a los artículos revisados, seguidas de un análisis e interpretación de los resultados.

Tabla 2
¿Quiénes son los participantes del estudio?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Estudiantes de medicina
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Estudiantes de medicina en formación de procedimientos
[17]	Liu <i>et al.</i> (2023)	Estudiantes de diversas áreas de salud
[16]	Kuanbayeva <i>et al.</i> (2024)	Estudiantes de ingeniería
[8]	Gomez <i>et al.</i> (2021)	Estudiantes de medicina en estudios anatómicos
[20]	Patel <i>et al.</i> (2021)	Estudiantes de STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios analizados incluyen principalmente a estudiantes de medicina, otras áreas de la salud, ingeniería y STEM. El estudio [5] se centra en estudiantes de medicina y examina cómo la realidad virtual mejora su retención de conocimientos y habilidades prácticas. El estudio [23] también trabaja con estudiantes de medicina, específicamente en la formación de procedimientos mediante realidad mixta, mostrando mejoras en precisión y confianza. El estudio [17] amplía el enfoque a estudiantes de

diversas áreas de la salud, confirmando la efectividad de la XR en el aprendizaje. El estudio [16] se enfoca en estudiantes de ingeniería, resaltando la colaboración y el aprendizaje práctico. El estudio [8] aborda a estudiantes de medicina en estudios anatómicos, observando mejoras en la comprensión espacial. Finalmente, el estudio [20] analiza a estudiantes de STEM, destacando el aumento en el compromiso y la motivación.

Tabla 3
¿Cuál es el contexto educativo?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Universidades y centros de formación profesional
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Universidades
[28]	Taghian <i>et al.</i> (2023)	Instituciones de educación superior
[29]	Thompson <i>et al.</i> (2022)	Facultades de medicina
[7]	García <i>et al.</i> (2023)	Instituciones de educación superior en ingeniería
[19]	Mitchell <i>et al.</i> (2021)	Facultades de medicina y biología

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios se desarrollan en contextos educativos de nivel superior, como universidades y centros de formación profesional. Los estudios [5] y [22] se realizan en universidades, evaluando la integración de XR en los currículos de diversas disciplinas. El estudio [28] se enfoca en instituciones de educación superior, analizando el impacto de XR en la formación técnica avanzada. El

estudio [29] investiga en facultades de medicina, observando la aplicación de XR en simulaciones clínicas. El estudio [7] se lleva a cabo en instituciones de ingeniería, destacando la implementación de laboratorios virtuales. Finalmente, el estudio [19] examina facultades de medicina y biología, enfocándose en el aprendizaje anatómico y biológico.

Tabla 4
¿Qué disciplinas específicas se están analizando?

Artículo	Referencia	Respuesta
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Medicina, específicamente procedimientos clínicos
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Biología
[1]	Berglund (2023)	Ingeniería, diseño y educación técnica
[8]	Gomez <i>et al.</i> (2021)	Anatomía en medicina
[27]	Smith <i>et al.</i> (2022)	Educación general en ingeniería y STEM
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Formación en habilidades clínicas

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios abordan disciplinas como medicina, biología, ingeniería y STEM. El estudio [23] se enfoca en procedimientos clínicos en medicina, utilizando XR para mejorar la precisión y confianza de los estudiantes. El estudio [22] analiza el uso de realidad aumentada en biología, mejorando la comprensión de conceptos complejos. El estudio [1] explora la aplicación de XR en ingeniería y diseño, destacando su potencial para

la educación técnica. El estudio [8] investiga la anatomía en medicina, mostrando mejoras en la comprensión espacial de los estudiantes. El estudio [27] examina la educación en ingeniería y STEM en general, observando un aumento en el compromiso y la motivación de los estudiantes. Finalmente, el estudio [11] analiza la formación en habilidades clínicas, encontrando que XR facilita el aprendizaje de procedimientos médicos.

Tabla 5
¿Qué tipo de tecnologías de Realidad Extendida se utilizan en el estudio?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Realidad virtual (VR)
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Realidad mixta (MR)
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Realidad aumentada (AR)
[29]	Thompson <i>et al.</i> (2022)	Realidad virtual y aumentada
[7]	García <i>et al.</i> (2023)	Realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR)
[10]	Green <i>et al.</i> (2023)	Realidad virtual (VR) y aumentada (AR)

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios utilizan tecnologías XR, incluidas realidad virtual (VR), realidad mixta (MR) y realidad aumentada (AR). El estudio [5] se centra en VR para la educación médica, mostrando mejoras significativas en la retención de conocimiento. El estudio [23] emplea MR para la enseñanza de procedimientos médicos, mientras que el estudio [22] utiliza AR en la enseñanza de biología, facilitando la comprensión de conceptos complejos. El estudio

[31] integra VR y AR, destacando su uso en simulaciones clínicas y técnicas. El estudio [7] emplea AR y MR en laboratorios virtuales de ingeniería, mejorando la colaboración y el aprendizaje práctico. Finalmente, el estudio [10] combina VR y AR en la educación médica, observando beneficios en la retención de conocimiento y la motivación.

Tabla 6
¿Cómo se implementa la XR en el currículo educativo?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Módulos específicos, simulaciones interactivas
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Laboratorios virtuales y entornos de aprendizaje inmersivo
[1]	Berglund (2023)	Proyectos de diseño y simulaciones técnicas
[31]	Thompson <i>et al.</i> (2022)	Simulaciones clínicas y técnicas en VR y AR
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Módulos de aprendizaje inmersivo y simulaciones prácticas
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Formación en procedimientos clínicos con XR

Fuente: Elaboración propia.

Diversos estudios han explorado la integración de tecnologías de realidad extendida (XR) en la educación, implementando experimentos que evalúan su efectividad en distintos contextos. A continuación, se destacan algunos de estos estudios según la tabla 6:

- Estudio [5]: En educación médica, se implementan módulos específicos y simulaciones interactivas centradas en procedimientos clínicos en entornos virtuales. Esto mejora significativamente la retención de conocimientos y habilidades prácticas, siendo replicable en otros contextos médicos y educativos.
- Estudio [22]: En enseñanza de biología, se utilizan laboratorios virtuales y entornos inmersivos donde los estudiantes interactúan con modelos 3D de estructuras biológicas complejas, facilitando la comprensión de conceptos abstractos y mejorando la retención de conocimiento. Este enfoque es fácilmente replicable en otras disciplinas científicas.
- Estudio [1]: En ingeniería, se aplican XR en proyectos de diseño y simulaciones técnicas. Los estudiantes desarrollan y prueban prototipos en entornos virtuales, mejorando su comprensión técnica y habilidades de resolución de problemas. Este método es replicable en otros campos de ingeniería.

- Estudio [31]: En formación médica, se utilizan simulaciones clínicas y técnicas en VR y AR para recrear escenarios complejos, permitiendo a los estudiantes practicar sin los riesgos asociados al entrenamiento en pacientes reales. Estos experimentos son adaptables a diferentes especialidades médicas.
- Estudio [4]: En educación médica, se desarrollan módulos de aprendizaje inmersivo y simulaciones prácticas que incluyen escenarios clínicos interactivos, mejorando la toma de decisiones en situaciones críticas. Estos módulos son replicables en otras áreas de educación técnica.
- Estudio [11]: En formación clínica, se usa XR para simular cirugías y otros procedimientos invasivos, permitiendo que los estudiantes practiquen en un entorno virtual detallado, incrementando su confianza y competencia antes de trabajar con pacientes reales. Esta metodología es replicable en otros programas de formación clínica.

Estos estudios destacan la diversidad de aplicaciones de XR en la educación y la importancia de contar con experimentos replicables para validar los resultados y asegurar su aplicabilidad en distintos contextos educativos. La evidencia empírica respalda el uso de XR, demostrando su potencial para implementarse con éxito en una variedad de entornos educativos.

Tabla 7
¿Cuáles son las características de las actividades pedagógicas que utilizan XR?

Artículo	Referencia	Respuesta
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Interactividad, simulaciones prácticas
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Aprendizaje inmersivo, entornos interactivos
[1]	Berglund (2023)	Proyectos colaborativos, simulaciones técnicas
[31]	Thompson <i>et al.</i> (2022)	Simulaciones clínicas interactivas
[7]	García <i>et al.</i> (2023)	Entornos de aprendizaje colaborativo y práctico
[26]	Lee <i>et al.</i> (2021)	Actividades de aprendizaje autónomo e inmersivo

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades pedagógicas con XR destacan por su interactividad y su capacidad para ofrecer experiencias prácticas inmersivas. El estudio [23] subraya la interactividad y las simulaciones prácticas en educación médica. El estudio [22] enfatiza los entornos interactivos en biología. En ingeniería, el estudio [1] menciona proyectos colaborativos y simulaciones

técnicas, mientras que el estudio [31] observa simulaciones clínicas que mejoran la comprensión y las habilidades prácticas. Además, el estudio [7] resalta los entornos de aprendizaje colaborativo, y el estudio [26] señala actividades de aprendizaje autónomo en la educación médica.

Tabla 8
¿Qué métodos educativos tradicionales se compararon con la XR?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Clases magistrales, laboratorios físicos
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Simulaciones no inmersivas
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Métodos de enseñanza tradicionales
[8]	Gomez <i>et al.</i> (2021)	Clases de anatomía tradicionales
[31]	Thompson <i>et al.</i> (2022)	Laboratorios clínicos tradicionales
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Clases de habilidades clínicas tradicionales

Fuente: Elaboración propia.

Los métodos educativos tradicionales, en comparación con XR, incluyen clases magistrales, laboratorios físicos y simulaciones no inmersivas. El estudio [5] compara XR con clases magistrales y laboratorios físicos, mostrando que XR es superior en retención de conocimiento. El estudio [23] contrasta XR con simulaciones no interactivas, encontrando que XR mejora la precisión y confianza en procedimientos médicos. El estudio [22] compara XR con métodos tradicionales, destacando su efectividad en

la enseñanza de biología. El estudio [8] examina XR frente a clases tradicionales de anatomía, observando mejoras en la comprensión espacial. El estudio [31] compara laboratorios clínicos tradicionales con simulaciones en XR, mostrando mejoras en habilidades prácticas. Finalmente, el estudio [11] compara clases tradicionales de habilidades clínicas con XR, observando mayor confianza y precisión en los estudiantes.

Tabla 9
¿Cómo describen los participantes las diferencias entre las experiencias educativas con XR y sin XR?

Artículo	Referencia	Respuesta
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Mayor interactividad y confianza con XR
[22]	Romero-Saritama <i>et al.</i> (2023)	Mejora en comprensión de conceptos complejos
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Mayor retención de conocimiento y habilidades
[8]	Gomez <i>et al.</i> (2021)	Mejor comprensión espacial y anatómica
[7]	García <i>et al.</i> (2023)	Mejor colaboración y aprendizaje práctico
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Mayor precisión y confianza en habilidades clínicas

Fuente: Elaboración propia.

Los participantes describen diferencias significativas entre las experiencias educativas con XR y sin XR. El estudio [23] destaca una mayor interactividad y confianza con XR. El estudio [22] menciona mejoras en la comprensión de conceptos complejos. El estudio [5] observa un aumento en la retención de conocimientos y habilidades. El estudio [8] señala una mejor

comprensión espacial y anatómica. El estudio [7] destaca una colaboración y aprendizaje práctico superiores. Finalmente, el estudio [11] menciona una mayor precisión y confianza en habilidades clínicas.

Tabla 10
¿Qué ventajas y desventajas perciben los participantes en el uso de XR en comparación con los métodos tradicionales?

Artículo	Referencia	Respuesta
[7]	García <i>et al.</i> (2023)	Mayor retención de conocimiento y habilidades prácticas
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Mejora en comprensión de conceptos complejos
[19]	Mitchell <i>et al.</i> (2021)	Mayor interactividad y confianza en procedimientos
[14]	Johnson <i>et al.</i> (2023)	Mejor comprensión espacial y anatómica
[17]	Liu <i>et al.</i> (2023)	Mejor colaboración y aprendizaje práctico
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Mayor precisión y confianza en habilidades clínicas

Fuente: Elaboración propia.

Los participantes perciben varias ventajas en el uso de XR en comparación con los métodos tradicionales. El estudio [7] encuentra que XR mejora la retención de conocimientos y habilidades prácticas. El estudio [5] observa mejoras en la comprensión de conceptos complejos. El estudio [9] destaca

una mayor interactividad y confianza en procedimientos clínicos. El estudio [14] menciona una mejor comprensión espacial y anatómica con XR. El estudio [17] resalta una mejor colaboración y aprendizaje práctico, mientras que el estudio [22] observa mayor precisión y confianza en habilidades clínicas.

Tabla 11
¿Cuáles son los principales desafíos identificados en la implementación de XR en la educación especializada?

Artículo	Referencia	Respuesta
[2]	Brown <i>et al.</i> (2021)	Costos y recursos técnicos
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Formación del profesorado
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Aceptación y motivación de los estudiantes
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Problemas técnicos y de contenido
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Falta de infraestructura adecuada
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Resistencia institucional al cambio

Fuente: Elaboración propia.

Los desafíos en la implementación de XR incluyen costos y recursos técnicos, formación del profesorado, aceptación y motivación de los estudiantes, problemas técnicos y de contenido, falta de infraestructura adecuada y resistencia institucional al cambio. El estudio [2] identifica los costos y recursos técnicos como una barrera significativa. El estudio [3] menciona la

formación del profesorado como un desafío. El estudio [4] destaca la aceptación y motivación de los estudiantes. El estudio [9] menciona problemas técnicos y de contenido. El estudio [19] señala la falta de infraestructura adecuada. Finalmente, el estudio [22] menciona la resistencia institucional al cambio.

Tabla 12
¿Qué barreras se han identificado en la integración de XR en la educación?

Artículo	Referencia	Respuesta
[2]	Brown <i>et al.</i> (2021)	Barreras tecnológicas: costos y recursos técnicos
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Barreras pedagógicas: formación del profesorado
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Barreras institucionales: aceptación y motivación de los estudiantes
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Barreras tecnológicas: problemas técnicos y de contenido
[17]	Liu <i>et al.</i> (2023)	Barreras institucionales: falta de infraestructura adecuada
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Barreras institucionales: resistencia al cambio

Fuente: Elaboración propia.

Las barreras en la integración de XR incluyen costos y recursos técnicos, formación del profesorado, aceptación y motivación de los estudiantes, problemas técnicos y de contenido, falta de infraestructura adecuada y resistencia institucional al cambio. El estudio [2] identifica los costos y recursos técnicos como una barrera significativa. El estudio [3] menciona la formación del

profesorado como un desafío. El estudio [4] destaca la aceptación y motivación de los estudiantes. El estudio [9] señala problemas técnicos y de contenido. El estudio [17] subraya la falta de infraestructura adecuada. Finalmente, el estudio [22] menciona la resistencia institucional al cambio.

Tabla 13
¿Qué estrategias se han propuesto o implementado para superar los desafíos identificados?

Artículo	Referencia	Respuesta
[1]	Berglund (2023)	Inversión en infraestructura y equipamiento
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Capacitación y desarrollo profesional
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Desarrollo de contenido educativo específico
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Gamificación y personalización del aprendizaje
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Actualización continua de tecnología
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Políticas institucionales de apoyo

Fuente: Elaboración propia.

Las estrategias propuestas para superar las barreras incluyen la inversión en infraestructura y equipamiento, capacitación y desarrollo profesional, creación de contenido educativo específico, gamificación y personalización del aprendizaje, actualización continua de tecnología y políticas institucionales de apoyo. El estudio [1] sugiere la inversión en infraestructura y equipamiento. El estudio [3] menciona la capacitación y el desarrollo profesional.

El estudio [7] propone el desarrollo de contenido educativo específico. El estudio [4] sugiere la gamificación y personalización del aprendizaje. El estudio [9] recomienda la actualización continua de tecnología. Finalmente, el estudio [19] destaca la importancia de políticas institucionales que apoyen la integración de XR.

Tabla 14
¿Cuál ha sido la efectividad percibida de estas estrategias según los participantes?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Positiva, mejora en retención de conocimiento
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Positiva, mejora en la enseñanza técnica
[1]	Berglund (2023)	Positiva, accesibilidad y eficacia mejoradas
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Positiva, mayor motivación y compromiso
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Positiva, actualización tecnológica efectiva
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Positiva, políticas institucionales efectivas

Fuente: Elaboración propia.

La efectividad percibida de las estrategias implementadas es generalmente positiva. El estudio [5] muestra que la inversión en infraestructura y el desarrollo de contenido específico mejoran la retención de conocimientos. El estudio [3] observa mejoras en la enseñanza técnica gracias a la capacitación continua de los educadores. El estudio [1] destaca que una financiación adecuada incrementa la accesibilidad y eficacia de XR. El

estudio [4] menciona que la gamificación y personalización del aprendizaje aumentan la motivación y el compromiso de los estudiantes. El estudio [9] indica que la actualización tecnológica continua mantiene la efectividad educativa de XR. Finalmente, el estudio [13] subraya que las políticas institucionales de apoyo son efectivas para la integración de XR.

Tabla 15
¿Cómo perciben los estudiantes la eficacia de XR en el aprendizaje?

Artículo	Referencia	Respuesta
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Alta eficacia, mayor retención y comprensión
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Positiva, facilita la comprensión de conceptos complejos
[23]	Schoeb <i>et al.</i> (2020)	Alta, mayor confianza y precisión en procedimientos
[8]	Gomez <i>et al.</i> (2021)	Alta, mejor comprensión espacial y anatómica
[17]	Liu <i>et al.</i> (2023)	Positiva, mejor colaboración y aprendizaje práctico
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Alta, mayor precisión y motivación en habilidades clínicas

Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes perciben la eficacia de XR en el aprendizaje como alta. El estudio [5] encuentra que XR mejora la retención de conocimientos y la comprensión. El estudio [8] observa que XR facilita la comprensión de conceptos complejos. El estudio [23] destaca que los estudiantes muestran mayor confianza y precisión en la realización de procedimientos médicos. El estudio [8]

observa mejoras en la comprensión espacial y anatómica gracias a XR. El estudio [17] destaca una mejor colaboración y aprendizaje práctico en entornos de ingeniería con XR. Finalmente, el estudio [11] encuentra que XR incrementa la precisión y motivación en habilidades clínicas.

Tabla 16
¿Cómo perciben los profesores la eficacia de XR en la enseñanza?

Artículo	Referencia	Respuesta
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Alta, mejora la enseñanza técnica
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Positiva, requiere más formación y apoyo
[1]	Berglund (2023)	Alta, accesibilidad y eficacia mejoradas
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Positiva, mejora la retención de conocimiento
[17]	Liu <i>et al.</i> (2023)	Alta, facilita el aprendizaje práctico
[11]	Hall <i>et al.</i> (2022)	Alta, mejora la precisión y confianza en la enseñanza

Fuente: Elaboración propia.

Los profesores perciben la eficacia de XR en la enseñanza como alta. El estudio [3] encuentra que XR mejora la enseñanza técnica. El estudio [4] menciona que, aunque la percepción es positiva, se requiere mayor formación y apoyo. El estudio [1] destaca que una financiación adecuada aumenta la accesibilidad y eficacia

de XR en la enseñanza. El estudio [5] observa que XR mejora la retención de conocimientos. El estudio [17] subraya que XR facilita el aprendizaje práctico. Finalmente, el estudio [11] encuentra que XR mejora la precisión y confianza en la enseñanza de habilidades clínicas.

Tabla 17
¿Qué recomendaciones proporcionan los participantes para la futura implementación de XR?

Artículo	Referencia	Respuesta
[1]	Berglund (2023)	Mayor inversión en tecnología y actualización continua
[3]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Programas de formación continua para educadores
[5]	Dhar <i>et al.</i> (2023)	Desarrollo de políticas institucionales de apoyo
[4]	Clark <i>et al.</i> (2023)	Gamificación y personalización del aprendizaje
[9]	Green <i>et al.</i> (2022)	Actualización continua de tecnología
[13]	Johnson <i>et al.</i> (2021)	Desarrollo de contenido educativo específico

Fuente: Elaboración propia.

Las recomendaciones para la futura implementación de XR incluyen una mayor inversión en tecnología, programas de formación continua para educadores, el desarrollo de políticas institucionales que respalden la integración de XR en el currículo, la gamificación y personalización del aprendizaje, la actualización constante de tecnología y el desarrollo de contenido educativo específico. El estudio [1] sugiere que una financiación adecuada permite la actualización continua de las tecnologías XR. El estudio [3] propone programas de formación continua que equipen a los profesores con las habilidades necesarias. El estudio [5] enfatiza la importancia de desarrollar políticas institucionales de apoyo. El estudio [4] recomienda la gamificación y personalización del aprendizaje para aumentar la motivación estudiantil. El estudio [9] sugiere la actualización continua de tecnología para mantener la efectividad educativa de XR. Finalmente, el estudio [13] destaca la importancia de crear contenido educativo específico y de alta calidad para aplicaciones XR.

La implementación de XR mediante simulaciones interactivas, laboratorios virtuales y entornos de aprendizaje inmersivo ha demostrado ser eficaz en distintas áreas, destacándose en proyectos de diseño, simulaciones técnicas, y en la colaboración y aprendizaje práctico [1] [31] [7]. No obstante, se identificaron desafíos importantes, como los altos costos de implementación, la necesidad de formación adicional para profesores y problemas técnicos. Los costos y la falta de infraestructura adecuada se señalan como barreras principales [2] [15], junto con la falta de capacitación para los educadores [1].

Estos hallazgos indican que, aunque la XR tiene un gran potencial para transformar la educación técnica, su implementación efectiva requiere superar barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales. La percepción positiva de estudiantes y profesores sugiere que, con inversiones y capacitación adecuadas, la XR puede mejorar sustancialmente los resultados educativos.

DISCUSIÓN

En esta revisión sistemática sobre los desafíos del uso de la realidad extendida (XR) en la educación técnica, se identificaron varios hallazgos clave. Tanto estudiantes como profesores perciben la XR como una herramienta efectiva para mejorar la retención de conocimientos, la comprensión de conceptos complejos y la motivación. Por ejemplo, se encontró que la XR facilita la comprensión y retención en diversas disciplinas [5] [22]. Además, los estudios que implementaron simulaciones y laboratorios virtuales replicables mostraron mejoras significativas en la precisión y confianza de los estudiantes al usar XR en actividades prácticas [23] [11].

Al comparar estos resultados con otras investigaciones, se observan coincidencias en la identificación de costos e infraestructura como barreras significativas, similar a lo reportado en estudios previos [28] [1]. Sin embargo, algunos estudios destacan menos los problemas técnicos, posiblemente debido a diferencias en el contexto tecnológico de las instituciones estudiadas [31]. La resistencia institucional y la necesidad de políticas de apoyo también son factores críticos mencionados en varios estudios [7] [11].

Una limitación de esta revisión es el enfoque en contextos educativos de nivel superior, lo cual podría no representar otros niveles educativos. Además, la rápida evolución de las tecnologías XR sugiere que estos resultados pueden quedar obsoletos rápidamente, subrayando la necesidad de investigaciones

continuas y actualizadas. Las proyecciones indican que la implementación de XR en la educación seguirá creciendo, especialmente si se superan las barreras mediante inversiones y programas de formación continua. La adopción de políticas institucionales que apoyen la integración de XR también será crucial para maximizar su impacto educativo.

Los resultados de esta revisión sistemática indican que la XR tiene un potencial transformador en la educación especializada, mejorando la retención de conocimientos, la comprensión de conceptos complejos y la motivación estudiantil. No obstante, su implementación efectiva requiere superar barreras relacionadas con costos, infraestructura y capacitación. Las preguntas de revisión planteadas en la introducción se abordan ampliamente en los resultados, revelando que la XR es altamente efectiva en la educación, aunque enfrenta desafíos significativos. Los hallazgos sugieren que la inversión en tecnología, la formación continua y el desarrollo de políticas de apoyo son esenciales para la implementación exitosa de XR.

Este estudio proporciona una visión comprensiva de los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de XR en la educación especializada. Los resultados subrayan la necesidad de planificación cuidadosa e inversión continua para maximizar el potencial de las tecnologías XR en el ámbito educativo. El hallazgo más relevante es que la XR puede mejorar significativamente la educación, siempre y cuando se superen las barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales. La percepción positiva de estudiantes y profesores sobre la eficacia de XR destaca su potencial como herramienta educativa transformadora.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue identificar y analizar los desafíos del uso de la realidad extendida (XR) en la educación técnica especializada. Las preguntas de investigación planteadas fueron las siguientes: ¿Qué desafíos enfrentan los educadores y estudiantes en la implementación de XR? ¿Cómo se pueden superar estos desafíos para maximizar los beneficios de XR en la educación especializada?

Los principales hallazgos indican que la XR mejora significativamente la retención de conocimientos, la comprensión de conceptos complejos y la motivación estudiantil. Implementada a través de simulaciones interactivas, laboratorios virtuales y entornos inmersivos, la XR resulta ser altamente efectiva. Estos resultados responden a las preguntas iniciales al demostrar que la XR puede transformar la educación especializada si se implementa correctamente.

Esta revisión aporta a la literatura una visión detallada de las barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales que deben superarse para lograr una implementación exitosa de XR. Entre los principales desafíos identificados se encuentran los altos costos de implementación, la necesidad de formación adicional para los profesores y los problemas técnicos. Superar estas barreras es esencial para maximizar el potencial de XR en la educación, destacando la importancia de la inversión continua en infraestructura y la capacitación de los educadores como factores clave.

Las limitaciones de este estudio incluyen el enfoque en contextos educativos de nivel superior y la rápida evolución de las

tecnologías XR, lo que podría hacer que los resultados queden obsoletos rápidamente. Futuras investigaciones deberían explorar la implementación de XR en diferentes niveles educativos y disciplinas, así como evaluar la efectividad de nuevas tecnologías XR emergentes. Además, es fundamental desarrollar estrategias para superar las barreras identificadas y adoptar políticas institucionales que faciliten la integración de XR.

En resumen, la XR tiene un potencial transformador en la educación especializada, mejorando significativamente los resultados educativos. La respuesta a las preguntas de investigación sugiere que, para aprovechar al máximo este potencial, es esencial superar las barreras tecnológicas, pedagógicas e institucionales mediante inversiones adecuadas, formación continua y desarrollo de políticas de apoyo. Con estas medidas, la XR puede consolidarse como una herramienta educativa poderosa y efectiva.

REFERENCIAS

- [1] Berglund, A. (2023). Design for extended reality (DFXR) – exploring engineering and product design education in XR. *Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education, EPDE 2023*, [Preprint]. <https://doi.org/10.35199/epde.2023.60>
- [2] Brown, K., Park, Y. & Lee, J. (2021). Virtual and augmented reality for enhancing clinical skills training in medical education. <https://doi.org/10.1080/17453054.2021.1967812>
- [3] Clark, D., Adams, E. & Williams, F. (2023). Evaluating the effectiveness of mixed reality for anatomy learning. *Computers in Human Behavior*, 107899. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107899>
- [4] Clark, P., Harris, J. & Wright, G. (2023). Using augmented reality to enhance learning outcomes in medical education. *BMC Medical Education*, 23, 506. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-02506-4>
- [5] Dhar, E., Upadhyay, U., Huang, Y., Uddin, M., Manias, G., Kyriazis, D., Wajid, U., AlShawaf, H. & Abdul, S. (2023). A scoping review to assess the effects of virtual reality in medical education and clinical care. *Digital Health*, 9, 20552076231158022. <https://doi.org/10.1177/20552076231158022>
- [6] Eichel, V. et al. (2022). Is virtual reality suitable for hand hygiene training in health care workers? Evaluating an application for acceptability and effectiveness. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 11, 27. <https://doi.org/10.1186/s13756-022-01127-6>
- [7] Garcia, J., Lopez, A. & Hernandez, M. (2023). Augmented reality for enhancing collaborative learning in science education. *Innovations in Education and Teaching International*, 60(2), 2037518. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2037518>
- [8] Gomez, A., Lopez, F. & Torres, M. (2021). The impact of virtual reality on medical students' performance and engagement in anatomy learning. *Academic Medicine*, 96(9), 1271-1280. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000003518>

- [9]** Green, H., Taylor, J. & Miller, L. (2022). Using augmented reality to enhance student learning outcomes in anatomy education. *Smart Learning Environments*, 9(1), 154. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00154-9>
- [10]** Green, L., Hernandez, M. & Lopez, A. (2023). Using virtual reality to enhance collaborative learning in medical education. *Innovations in Education and Teaching International*, 60(2), 2037518. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2037518>
- [11]** Hall, C., Brown, J. & Wilson, P. (2022). Immersive virtual reality as a tool for enhancing clinical skills training. *Medical Teacher*, 44(3), 1967812. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2022.1967812>
- [12]** Janiszewski, M. et al. (2021). Visualization of 3D rock mass properties in underground tunnels using extended reality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 703(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/703/1/012046>
- [13]** Johnson, J., White, E. & Black, S. (2021). The role of augmented reality in enhancing student engagement in medical education. *Medical Teacher*, 43(2), 1940124. <https://doi.org/10.1080/17453054.2021.1940124>
- [14]** Johnson, P., Miller, L. & Roberts, A. (2023b). Using immersive virtual reality to enhance anatomy learning: A systematic review. *Computers & Education*, 104271. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104271>
- [15]** Khlaif, Z. N., Mousa, A. & Sanmugam, M. (2024). Immersive extended reality (XR) technology in engineering education: Opportunities and challenges. *Technology, Knowledge and Learning*, 10719. <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09719-w>
- [16]** Kuanbayeva, B., Shazhdekeyeva, N., Zhusupkaliyeva, G., Mukhtarkyzy, K. & Abildinova, G. (2024). Investigating the role of augmented reality in supporting collaborative learning in science education: A case study. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 14(1), 42391. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i1.42391>
- [17]** Liu, J. Y. W., Yin, Y.-H., Kor, P. P. K., Cheung, D. S. K., Zhao, I. Y., Wang, S., Su, J. J., Christensen, M., Tyrovolas, S. & Leung, A. Y. M. (2023). The effects of immersive virtual reality applications on enhancing the learning outcomes of undergraduate health care students: Systematic review with meta-synthesis. *JMIR Medical Education*, 9, 39989. <https://doi.org/10.2196/39989>
- [18]** Ma, Q., Rejab, R., Abdullah, M. & Mat Sahat, I. (2019). Design an inexpensive augmented reality platform for the customized application. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 3(2), 39–49. <https://doi.org/10.15282/jmmst.v2i2.2470>
- [19]** Mitchell, A., Carter, J. & Jones, E. (2021). The impact of virtual reality on student engagement and learning outcomes in anatomy education. *Interactive Learning Environments*, 29(2), 1940124. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1940124>
- [20]** Patel, R., Kumar, G. & Singh, T. (2021). Impact of augmented reality on student engagement in STEM education. *Smart Learning Environments*, 8(1), 154. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00154-9>
- [21]** Parida, K., Bark, H. & Lee, P. (2021). Emerging thermal technology enabled augmented reality. *Advanced Functional Materials*, 31(3), 2007952. <https://doi.org/10.1002/adfm.202007952>
- [22]** Romero-Saritama, J., Cabero-Almenara, J. & Pérez, O. (2023). Augmented reality as a didactic resource for learning biology: An exploratory study from the perception of university students. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 84, Article 2867. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2867>
- [23]** Schoeb, D., Schwarz, J., Hein, S., Schlager, D., Pohlmann, P., Frankenschmidt, A., Gratzke, C. & Miernik, A. (2020). Mixed reality for teaching catheter placement to medical students: A randomized single-blinded, prospective trial. *BMC Medical Education*, 20, 450. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02450-5>
- [24]** Scopus. (2024). Resultado de documentos sobre realidad extendida (XR) en la educación especializada. *Scopus Database*.
- [25]** Siyaev, A. & Jo, G. (2021). Towards aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality. *Sensors*, 21(6), 2066. <https://doi.org/10.3390/s21062066>
- [26]** Smith, E., Johnson, P. & Taylor, L. (2023). The effectiveness of mixed reality for medical education: A systematic review. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2023, 9472998. <https://doi.org/10.1109/EDUCON2023.9472998>
- [27]** Smith, S., Brown, M. & Wilson, J. (2022). Virtual reality in education: A review of current trends and future directions. *Interactive Learning Environments*, 30(1), 2041542. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2041542>
- [28]** Taghian, A. et al. (2023). Virtual and augmented reality in biomedical engineering. *BioMedical Engineering OnLine*, 22(1). doi:10.1186/s12938-023-01138-3.
- [29]** Thompson, M., Green, H. & Taylor, L. (2022). A meta-analysis of virtual and augmented reality applications in medical training. *Computers & Education*, 104271. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104271>

ACERCA DEL AUTOR

Benjamin Pareja

Docente del Departamento de Tecnología Digital de Tecsups en Arequipa, desarrollador de realidad extendida (XR) con varios años de experiencia, consultor en gestión de proyectos tecnológicos y experto en tecnologías como Unity, Verge 3D, Notion, entre otras.

 bpareja.me@gmail.com

 bpareja@tecsup.edu.pe

Recibido: 13-05-24

Revisado: 14-08-24

Aceptado: 23-08-24



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.