



Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360° en educación superior

State of the art on the use of virtual reality, augmented reality and 360° video in higher education

 Gustavo Adolfo Angulo Mendoza; gangulo@teluq.ca

 François Lewis ; lewis.francois@univ.teluq.ca

 Patrick Plante; patrick.plante@teluq.ca

 Caroline Brassard; caroline.brassard@teluq.ca

Université TELUQ (Canadá)

Resumen

Las tecnologías inmersivas están cada vez más presentes en los establecimientos de educación superior. Sin embargo, creemos que es pertinente hacer un balance del impacto de estas tecnologías en la transferencia de conocimientos a los estudiantes, así como de los riesgos y limitaciones inherentes a su uso. Esta revisión de literatura basada en el método EPPI (*Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating*) tiene como objetivo establecer el estado actual del conocimiento de las modernas tecnologías inmersivas en la educación superior. Nos centramos en la realidad virtual, la realidad aumentada y el vídeo 360°. Hemos reducido el alcance de la búsqueda seleccionando los estudios que utilizan un casco autónomo del tipo *Head-Mounted Display* (HMD) o gafas de realidad aumentada. El número total de artículos seleccionados para la revisión se limitó a cuarenta (40). Los resultados nos permitieron identificar los atributos y mecanismos relacionados con las aplicaciones virtuales, y describir sus ventajas y limitaciones para el aprendizaje. Las aplicaciones educativas basadas en tecnologías inmersivas deben crearse teniendo en cuenta los intereses y las capacidades de los alumnos. Tanto el escenario como el diseño del artefacto deben adaptarse a las competencias críticas que se quieren transferir a los aprendices.

Palabras clave: Realidad virtual, Realidad aumentada, Video 360°, Educación superior

Abstract

Immersive technologies are increasingly present in higher education institutions. However, we believe it is pertinent to take stock of the impact of these technologies on the transfer of knowledge to students, as well as the risks and limitations inherent in their use. This literature review based on the EPPI (Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating) method aims to establish the current state of knowledge on modern immersive technologies in higher education. We focused on virtual reality, augmented reality and 360° video. We narrowed the scope of the search by selecting studies that used stand-alone Head-Mounted Display (HMD) headsets or augmented reality glasses. The total number of articles selected for review was limited to forty (40). The results allowed us to identify the attributes and mechanisms related to virtual applications, and to describe their advantages and limitations for learning. Educational applications based on immersive technologies should be created with the interests and capabilities of the learners in mind. Both the scenario and the design of the artifact must be adapted to the critical competencies to be transferred to the learners.

Keywords: Virtual Reality, Augmented Reality, Augmented Reality, 360° Video, Higher Education



1. INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XXI, la creación de entornos virtuales inmersivos fue posible para el público general gracias a la disponibilidad de las primeras plataformas accesibles en línea. Por ejemplo, *Second Life*[®], lanzada en 2003, es una plataforma multimedia en línea que permite al usuario crear un avatar y darle vida en un metaverso, es decir, un mundo virtual compartido y persistente (Hwang y Chien, 2022). Desde entonces, el uso de estos entornos en contextos de enseñanza y de formación se ha popularizado entre los más tecnófilos del sector (Fourtané, 2022). Para aumentar la sensación de presencia, algunos entusiastas de la tecnología han utilizado *Second Life*[®] para crear aulas virtuales y avatares para impartir cursos a distancia (Ritzema y Harris, 2008).

Sin embargo, la creación de la ilusión de que estamos presentes en un entorno recreado no es una idea nueva. En el siglo XIX, los murales panorámicos de 360 grados llamados cicloramas, se utilizaban para dar la impresión de estar presenciando un acontecimiento o una escena histórica. En 1838, Charles Wheatstone inventó el estereoscopio, que permitía al cerebro transformar las imágenes bidimensionales de cada ojo en un único objeto tridimensional. En 1929, Edward Link creó el *Link Trainer*: el primer simulador de vuelo comercial, que se utilizó para entrenar a más de 500.000 pilotos durante la Segunda Guerra Mundial. En 1939, William Gruber desarrolló el *View-Master*, el precursor del *Google Cardboard*[®] y de los modernos auriculares de realidad virtual para teléfonos móviles (Plante y Angulo, 2021).

Estos desarrollos tecnológicos, originalmente destinados al entretenimiento, han tenido otros usos, especialmente en el aprendizaje (Gnanadurai et al., 2022). De hecho, el uso de tecnologías inmersivas en la educación y la formación ha crecido significativamente en el último decenio (Freina y Ott, 2015; Jensen y Konradsen, 2018). Por tecnologías inmersivas entendemos las aplicaciones tecnológicas que pueden mejorar la experiencia educativa y el desarrollo de habilidades, como la realidad virtual (RV), la realidad aumentada (RA), la realidad mixta (RM), el vídeo de 360 grados y la telepresencia.

Algunas investigaciones (por ejemplo, Wall-Lacelle et al., 2021) demuestran que, en la enseñanza de las ciencias naturales, las tecnologías inmersivas facilitan la observación y la interacción con objetos virtuales y el uso de equipos de laboratorio en un entorno seguro y sin consecuencias. En el ámbito de las ciencias sociales, las tecnologías inmersivas tienen el potencial de fomentar el desarrollo de competencias profesionales y proporcionar una experiencia de aprendizaje auténtica (Marceaux y Dion-Gauvin, 2021).

Las modernas tecnologías virtuales son cada vez más populares en los establecimientos de enseñanza superior. Sin embargo, la mera disponibilidad de estas tecnologías no garantiza su uso pertinente y eficaz desde un punto de vista pedagógico. En efecto, la integración de estas tecnologías enfrenta varios retos: las competencias tecnopedagógicas necesarias para diseñar las aplicaciones son variadas y evolucionan rápidamente, el personal especializado para el diseño y la asistencia técnica es escaso, los costes asociados a la adquisición e implantación de las tecnologías virtuales son elevados, y la aceptabilidad social es escasa, debido principalmente a la falta de estudios rigurosos sobre la eficacia de la transferencia de conocimientos de estas tecnologías (Butti et al., 2020).

En primer lugar, conviene definir el objeto del estudio, ya que las tecnologías virtuales difieren en varios aspectos y los términos utilizados en este campo no son consensuados. En este estudio, nos interesan especialmente las siguientes tecnologías: la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360°.

La realidad virtual se define como un mundo enteramente diseñado con objetos irreales y digitales. En combinación con un casco autónomo del tipo *Head-Mounted Display* (HMD), la realidad virtual es la tecnología más inmersiva, ya que aísla al usuario de la realidad (Wang et al., 2018). La realidad aumentada, en cambio, añade información, superponiéndola en las lentes de las gafas de realidad aumentada. La realidad aumentada se sitúa entre el mundo real y la realidad virtual y es menos inmersiva. El vídeo 360° asociado a un casco HMD, permite a una persona sumergirse dentro de una escena real o artificial. Esta tecnología permite al usuario explorar lugares remotos, como museos o mundos creados virtualmente, e incluso ver una operación quirúrgica en tiempo real, utilizando diversos controles.

Hemos seleccionado sólo los estudios que se centran en la utilización de un casco autónomo del tipo *Head-Mounted Display* (HMD) o de gafas de realidad aumentada con aplicaciones virtuales. Los cascos HMD aíslan al usuario del mundo real y le permiten libertad de movimiento (p. e. Oculus Rift®, Oculus Quest® y Vive HTC®). Por otro lado, las gafas asistidas permiten la superposición de información en las lentes (p. e. HoloLens de Microsoft®).

Varios autores mencionan las ventajas de las tecnologías inmersivas en la educación, mientras que otros son más críticos. Teniendo en cuenta estos puntos de vista divergentes, creemos que es pertinente responder a la siguiente pregunta: ¿Son las tecnologías inmersivas eficaces y accesibles en contextos educativos donde los recursos son limitados, y sería posible optimizar la dimensión pedagógica de las aplicaciones inmersivas?

Para intentar responder a esta pregunta, realizamos una revisión de la literatura concluyendo con nuevas preguntas de investigación y comentarios de reflexión.

2. MÉTODO

La metodología utilizada para la revisión se divide en tres etapas: En primer lugar, realizamos un análisis de documentos según el método EPPI (*Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating*) (Gough, Oliver y Thomas, 2017). Luego, agrupamos por temas el corpus de información recogida. Por último, enunciarnos algunas recomendaciones y mecanismos relevantes para el diseño y uso de aplicaciones educativas en realidad inmersiva.

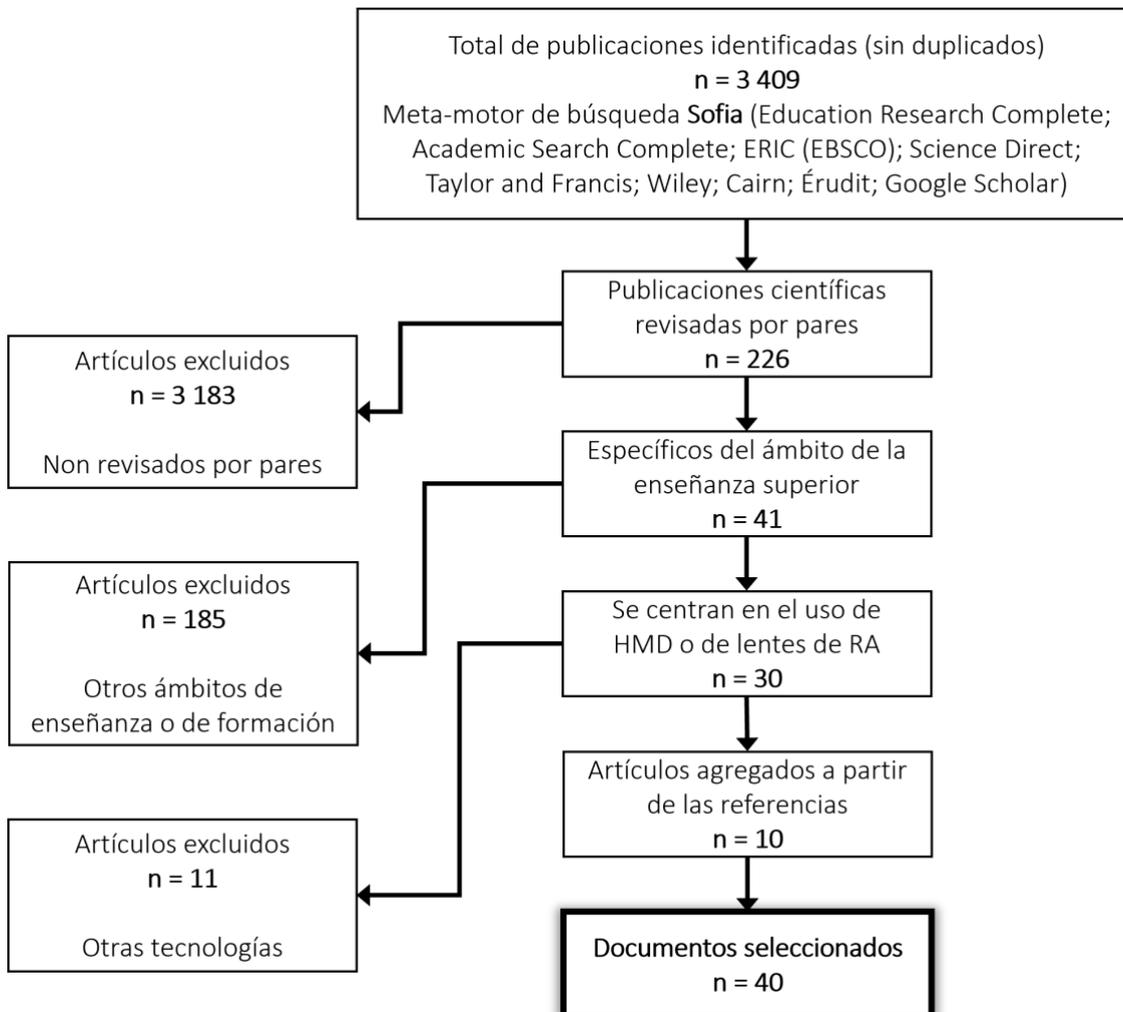
A continuación, se detallan los pasos del proceso de revisión EPPI que hemos utilizado:

1. Definir la pregunta de investigación.
2. Seleccionar las bases de datos pertinentes.
3. Elegir descriptores (palabras clave) para cada base de datos.
4. Definir los criterios de inclusión.
5. Realizar la búsqueda sistemática.
6. Importar los resultados.
7. Análisis y selección de documentos.

La figura 1 muestra el proceso de selección de los 40 textos retenidos. En primer lugar, utilizamos la herramienta de búsqueda *Sofia*, que permite acceder a las colecciones documentales de las bibliotecas de todas las universidades de la provincia de Quebec (Canadá).

Figura 1

Proceso de selección de documentos



Luego, realizamos la búsqueda utilizando los operadores descriptivos adecuados según la pregunta de investigación. Los artículos debían estar disponibles en inglés o francés, las dos lenguas oficiales de Canadá. Estas son las expresiones de búsqueda utilizadas:

- (KW: réalité virtuelle OR KW: Virtual reality) AND (KW: higher education OR KW: enseignement supérieur)
- (KW: réalité augmentée OR KW: augmented reality) AND (KW: higher education OR KW: enseignement supérieur)
- (KW: vidéo 360 OR KW: 360 video) AND (KW: higher education OR KW: enseignement supérieur)

En principio se recuperaron 3 409 artículos no duplicados de todas las bibliotecas disponibles en la herramienta de búsqueda *Sofia*. El corpus fue reducido según los criterios de inclusión

identificados. En primer lugar, fueron excluidos los artículos que no fueron sometidos a un proceso de evaluación por pares (n = 3 183). Luego, fueron excluidos aquellos artículos que estudiaban las tecnologías inmersivas en ámbitos diferentes a la educación superior (n = 185) y los que no se centraban en el uso de un casco autónomo del tipo *Head-Mounted Display* (HMD) o de gafas de realidad aumentada (n = 11). Finalmente fueron incluidos 10 artículos identificados a partir de las listas de referencias de los documentos retenidos hasta el momento. De este modo, el número total de artículos seleccionados para la revisión se limita a cuarenta (40). En este documento se condensa la totalidad de las referencias retenidas: <https://monurl.ca/eferenciastecnoinmersivas>

El 28% de los artículos seleccionados proceden principalmente de dos países: China (6) y Estados Unidos (5). El resto de los artículos se distribuye de la siguiente manera: Europa (16), Oriente Medio (4), Asia (4), Canadá (3), Chile (1) y Australia (1).

La información obtenida del análisis de los artículos se agrupó por temas:

- Diseño tecnopedagógico e integración de la dimensión pedagógica
- Teorías y conceptos
- Metodologías de evaluación
- Motivación
- Colaboración

Se presenta un resumen de las ventajas así como de los riesgos y limitaciones asociados al uso de estos dispositivos.

3. RESULTADOS

Al seleccionar los estudios científicos que se interesan a las tecnologías inmersivas, nos hemos centrado en los artículos que aportan elementos de respuesta a la pregunta de investigación, en particular, aquellos que presentan las etapas de diseño e integración de los componentes pedagógicos, así como los artículos que describen el método que los autores utilizaron para evaluar la capacidad de transferencia de conocimientos y adquisición de nuevas competencias. A continuación presentamos los datos recogidos en los artículos según las cinco categorías previamente identificadas. Por último, enumeramos las ventajas y limitaciones inherentes a las aplicaciones de realidad inmersiva.

3.1. Diseño tecnopedagógico e integración de la dimensión pedagógica

El diseño y la integración de la dimensión pedagógica en las aplicaciones de realidad virtual es un aspecto fundamental que se aborda en los estudios revisados. Este aspecto se refiere a la importancia de crear entornos virtuales que fomenten el aprendizaje y se alineen con los objetivos pedagógicos específicos del curso. Al diseñar aplicaciones de realidad virtual centradas en la dimensión pedagógica, los investigadores y docentes buscan aprovechar el potencial inmersivo de esta tecnología para ofrecer experiencias de aprendizaje más atractivas e interactivas. Esto implica tener en cuenta las teorías del aprendizaje, los métodos pedagógicos y los contenidos disciplinares al crear entornos virtuales. Al integrar

cuidadosamente estas dimensiones pedagógicas, las aplicaciones de realidad virtual pueden mejorar la adquisición de conocimientos, la retención de información, la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades prácticas entre los estudiantes universitarios.

Dentro de los 40 artículos revisados, 26 de ellos se enfocan en el diseño y la integración de la dimensión pedagógica en las aplicaciones inmersivas. Estas aplicaciones abarcan diversos campos, como la medicina, el arte, la historia y la arqueología, especialmente en el contexto de visitas virtuales a museos o sitios antiguos remotos.

Es importante destacar que los diseñadores de aplicaciones educativas en realidad inmersiva deben centrarse en la transferencia efectiva de conocimientos y habilidades. Sin embargo, se observa que pocas aplicaciones se basan en las teorías del aprendizaje. Por lo tanto, es crucial resaltar la necesidad de incorporar dichas teorías en el proceso de diseño. Además, se debe tener en cuenta que la creación de un proyecto tecnopedagógico requiere un riguroso proceso de gestión de proyectos. Esto implica una fase de planificación, donde se identifica el público objetivo, los conocimientos que se van a transferir, las teorías y conceptos relevantes de la disciplina específica, el presupuesto asignado, entre otros aspectos. Asimismo, se debe prestar especial atención a los riesgos asociados con esta modalidad de formación, especialmente durante el análisis y el diseño del proyecto.

Por otro lado, se encontró que 14 de los 40 artículos abordan la cuestión de la carga cognitiva como un factor clave a considerar en el diseño de las aplicaciones. Es fundamental evitar una alta carga cognitiva mediante la planificación progresiva de las actividades de aprendizaje. En este contexto, la colaboración con el personal docente resulta esencial.

En cuanto a las tecnologías utilizadas en el diseño de aplicaciones virtuales, se observa una variedad de opciones. El software más citado en el desarrollo de aplicaciones son el motor de juegos *Unity*® (19/40), *Leap Motion*® (8/40) y *Vuforia*® (8/40). Sin embargo, se destaca que la adopción de este tipo de *software* sigue siendo un proceso complejo y no está al alcance de todos los docentes. Se mencionan pocos sistemas de autor en los artículos (Chang, 2020; Ille et al., 2021). Por otro lado, algunos investigadores (Han et al., 2021; Liangfu, 2021; Nijman et al., 2020; Tang et al., 2020) comparten sus herramientas de forma gratuita y en acceso abierto.

En cuanto a las aplicaciones en sí, se observa una amplia variedad, especialmente en el campo de la medicina donde se encontraron 20 de los 40 estudios revisados que abordan situaciones de aprendizaje. Por ejemplo, se incluyen aplicaciones relacionadas con el diagnóstico en neurología, el conocimiento de la anatomía, los trastornos psicóticos, el alivio del dolor, la intervención para eliminar las cataratas, así como el procedimiento de reanimación cardiopulmonar. Un ejemplo de esto es el estudio de Han et al. (2021), quienes han desarrollado y evaluado una aplicación de RV médica para la enseñanza de exámenes neurológicos (figura 2).

Figura 2

Herramienta de enseñanza de exámenes neurológicos basada en la realidad virtual (VRNET)



Otras áreas de estudio abarcan la ingeniería (Wang et al., 2018), el mantenimiento de turbinas de aviones (Xie et al., 2019), los procedimientos de extinción de incendios (Paszkiwicz et al., 2021), la comprensión de la dinámica de la transferencia de calor en los metales (Radianti et al., 2020), diseño (Tang et al., 2020) y robótica (Altinpulluk, 2019). Por ejemplo, la aplicación de Paszkiwicz et al. (2021) simula un procedimiento de extinción de un incendio en una fábrica. La tarea más compleja es seleccionar el extintor adecuado entre tres clases de extintores. Según el estudio, inicialmente se proporcionó formación sobre el uso de la RV, donde los participantes aprendieron los principios de movimiento en el entorno virtual y el manejo del dispositivo. Posteriormente, cada uno de los participantes debía realizar todos los ejercicios en secuencia, es decir, detener la máquina, localizar y seleccionar el extintor adecuado, alcanzarlo, sacarlo de la caja y extinguir el fuego, sin cambiar los pasos y sin la intervención de un instructor (figura 3).

Figura 3

Elementos seleccionados del entorno de RV dedicados a la formación para la extinción de un incendio existente: activación manual de la alarma de incendios y selección de extintores (Paszkiwicz et al., 2021)



3.2. Teorías y conceptos

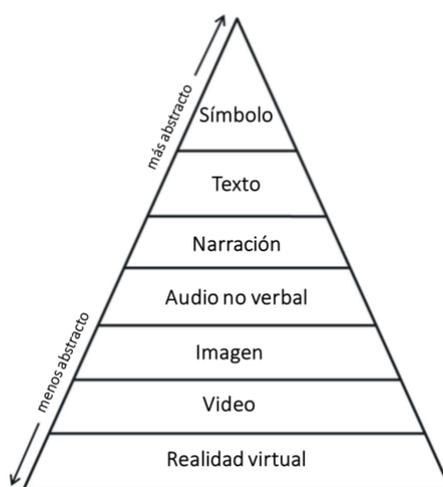
Las teorías y conceptos utilizados en las investigaciones examinadas son un aspecto importante del análisis y la explicación de los resultados. Los investigadores utilizan diversos marcos de referencia para estudiar las aplicaciones de la realidad virtual en la enseñanza universitaria. El uso de estas teorías y conceptos aporta una sólida perspectiva teórica al análisis de los resultados y profundiza la comprensión de los efectos de la realidad virtual en la educación superior.

La investigación sobre el uso de las tecnologías inmersivas se caracteriza por una atención marcada por el aspecto técnico. Sin embargo, es importante que los investigadores justifiquen la pertinencia de su estudio de forma científica, pragmática y significativa. Los modelos conceptuales son esenciales para la comprensión de los fenómenos estudiados. Las principales perspectivas teóricas y conceptuales movilizadas en los artículos seleccionados son:

- *Multimedia Cone of Abstraction* (referenciado en 9 estudios): Las técnicas multimedia avanzadas ofrecen un importante potencial de aprendizaje. Dale (1969) desarrolló una herramienta conceptual y metodológica que llamó Cono de Experiencia (CoE): una jerarquía de experiencias de aprendizaje que van desde la participación directa hasta la expresión simbólica abstracta. Baukal et al. (2013) realizaron una actualización del Cono de Experiencia para adaptarlo al contexto tecnológico y de aprendizaje actual, centrándose específicamente en el uso de los recursos multimedia en la enseñanza y el aprendizaje. Esta nueva jerarquía, denominada Cono de Abstracción Multimedia (MCoA), tiene menos niveles primarios que el Cono de Experiencia de Dale (1969) pero muchos más niveles totales debido a los múltiples subniveles potenciales. El propósito del Cono de Abstracción Multimedia es ayudar a los diseñadores de contenidos educativos a seleccionar los recursos tecnológicos apropiados para un contexto de aprendizaje determinado.

Figura 4

Cono de Abstracción Multimedia (MCoA) propuesto por Baukal et al. (2013)



La figura 4 muestra el Cono de Abstracción Multimedia (MCoA) propuesto por Baukal et al. (2013). Cuanto más cerca de la parte inferior del cono, más realista es la representación; cuanto más cerca de la parte superior, más abstracta.

- Modelo ARCS (referenciado en 7 estudios): El modelo ARCS de motivación fue desarrollado por Keller (1987) como respuesta a la necesidad de encontrar formas más eficaces de comprender las principales influencias sobre la motivación para aprender, así como formas sistemáticas de identificar y resolver problemas de motivación para el aprendizaje. El modelo resultante contiene una síntesis de variables de cuatro categorías (Atención, Relevancia, Confianza, Satisfacción) que abarca la mayoría de las áreas de investigación sobre la motivación humana, y un proceso de diseño motivacional que es compatible con los modelos típicos de diseño instruccional. Según Keller (1987), es necesario desarrollar un entorno de aprendizaje adecuado y motivador para los aprendices, proporcionar un entorno que dé al aprendiz confianza y apoyo para el aprendizaje y, en última instancia, que el aprendiz esté satisfecho con la experiencia y consciente de los beneficios que obtendrá cuando complete la experiencia de aprendizaje. Tras su desarrollo, el modelo ARCS se probó en dos programas de formación de docentes. Basándose en los resultados de estas pruebas de campo, el Modelo ARCS parece proporcionar una ayuda útil a diseñadores instruccionales y docentes, y justifica más estudios controlados de sus atributos críticos y áreas de eficacia.
- La teoría de la adaptación de la comunicación (referenciada en 4 estudios): Esta teoría, propuesta por Giles y Ogay (2007), se basa en la idea de que las personas adaptan su comunicación en función de con quién hablan. La teoría de la adaptación de la comunicación ofrece un amplio marco destinado a predecir y explicar muchos de los ajustes que realizan los individuos para crear, mantener o disminuir la distancia social en la interacción. Esta teoría permite explorar las distintas formas en que acomodamos nuestra comunicación, nuestras motivaciones para hacerlo y las consecuencias. La teoría de la adaptación de la comunicación aborda cuestiones de comunicación interpersonal, pero también las vincula con el contexto más amplio de lo que está en juego en un encuentro intergrupalo. En otras palabras, a veces nuestras comunicaciones están impulsadas por nuestras identidades personales y en otras ocasiones, a veces dentro de la misma interacción, nuestras palabras, gestos no verbales y comportamiento están impulsados por nuestras identidades sociales como miembros de un grupo.
- La teoría de la mente (referenciada en 4 estudios): Premack y Woodruff (1978) proponen que un individuo tiene una teoría de la mente si se atribuye estados mentales a sí mismo y a los demás. Un sistema de inferencias de este tipo se considera propiamente una teoría porque esos estados no son directamente observables y el sistema puede utilizarse para hacer predicciones sobre el comportamiento de los demás. Por su parte, la teoría del reconocimiento de los estados afectivos es la capacidad de reconocer las emociones a partir de las expresiones faciales.
- Csikszentmihalyi et al. (2014), presentan la teoría motivacional del *flow* (referenciada en 3 estudios), que postula que una actividad placentera aporta motivación intrínseca. Según el autor, el individuo no busca otra sensación que el simple placer. El *flow* es un estado subjetivo que las personas manifiestan cuando están completamente implicadas en algo hasta el punto de olvidar el tiempo, el cansancio y todo lo demás excepto la propia actividad. La característica que define el *flow* es la intensa implicación experiencial en la actividad momento a momento. La atención se invierte por completo en la tarea que se está realizando y la persona funciona al máximo de su capacidad. Durante el *flow*, solemos

experimentar una sensación de control o, más exactamente, una falta de ansiedad por perder el control, que es típica de muchas situaciones de la vida normal.

- La teoría de la carga cognitiva (Sweller, 1988) se basa en la arquitectura cognitiva humana. Según esta teoría (referenciada en 8 estudios), las actividades de enseñanza desempeñan un papel importante en el aumento de la capacidad de la memoria de trabajo. La memoria de trabajo se utiliza para almacenar una cantidad limitada de información, que manipulamos y retenemos durante un breve periodo de tiempo para realizar tareas de pensamiento y razonamiento.
- La perspectiva constructivista (explícitamente referenciada en 29 estudios) se basa principalmente en la construcción del conocimiento por parte del individuo, quien es consciente de lo que ocurre en su mente y utiliza sus facultades cognitivas a partir de los conocimientos existentes, especialmente en el aprendizaje por descubrimiento o por resolución de problemas.
- El conectivismo (referenciado en 4 estudios), en cambio, se basa en la importancia de tener acceso a la información en lugar de poseerla. Wang et al. (2018) mencionan que con la realidad aumentada los alumnos tienen acceso a información relevante en cualquier momento.

3.3. Metodologías de evaluación

Las metodologías de evaluación son un aspecto crucial de los estudios revisados para medir la eficacia de las aplicaciones de realidad virtual en la educación. Los investigadores utilizan diversos métodos, técnicas y procedimientos para evaluar los resultados obtenidos. Entre los enfoques que pueden utilizarse se encuentran las evaluaciones cuantitativas, que se basan en medidas objetivas y datos numéricos para evaluar el rendimiento de los alumnos, como pruebas de conocimientos o cuestionarios con escalas. También pueden utilizarse evaluaciones cualitativas, que recogen datos subjetivos, como entrevistas, observaciones o diarios, para conocer en profundidad las experiencias y percepciones de los alumnos. Alternativamente, los investigadores pueden utilizar métodos mixtos, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más completa de los efectos de las aplicaciones de realidad virtual en la enseñanza universitaria.

Una de las ventajas del uso de aplicaciones tecnológicas en contextos educativos es su potencial para ajustarse al ritmo y a las capacidades de aprendizaje de cada individuo. Por otro lado, es muy importante evaluar su eficacia. El método de evaluación más citado es el método experimental (en 35/40 artículos), en el que los investigadores comparan los sujetos de un grupo experimental y un grupo de control antes y después del experimento.

Los instrumentos utilizados para la recogida de datos son principalmente los cuestionarios y las encuestas. Las técnicas de análisis empleadas se basan en la comparación de datos cualitativos y cuantitativos. Cuando se emplea la estadística inferencial (20/40 estudios), los investigadores utilizan un valor p inferior a 0,05 para considerar sus datos estadísticamente significativos.

3.4. Motivación

La investigación sobre el uso de tecnologías inmersivas en educación superior destaca los efectos de las aplicaciones de realidad virtual en la motivación, la implicación, la persistencia y el rendimiento de los estudiantes. La realidad virtual proporciona un entorno inmersivo e interactivo que suele despertar un gran interés en los estudiantes, animándolos a implicarse más en sus actividades de aprendizaje. El aspecto lúdico e innovador de la realidad virtual puede aumentar la motivación intrínseca de los estudiantes al proporcionarles experiencias de aprendizaje estimulantes y atractivas.

Las aplicaciones de realidad virtual suelen permitir una mayor personalización del aprendizaje, dando a los estudiantes la oportunidad de explorar y descubrir los ambientes virtuales a su propio ritmo, lo que podría tener un efecto positivo sobre su motivación. La interacción y la inmersión en entornos virtuales también pueden estimular la implicación de los estudiantes, fomentando una mayor concentración y participación activa. El uso de la realidad virtual puede fomentar la perseverancia de los alumnos al proporcionarles retos apropiados y permitirles superar obstáculos en un mundo virtual.

La motivación es uno de los aspectos más mencionados en los documentos seleccionados. Diecinueve (19/40) artículos abordan este tema. Estos son las cinco conclusiones más mencionadas en torno a la motivación en un contexto de utilización de tecnologías inmersivas:

1. Las tecnologías inmersivas mejoran la motivación y la perseverancia de los alumnos durante el aprendizaje (15).
2. La satisfacción y la motivación son factores importantes para un aprendizaje eficaz (15).
3. Una de las ventajas de la realidad virtual es la posibilidad de hacer que el aprendizaje sea agradable y, por tanto, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la motivación (15).
4. Las tecnologías inmersivas mejoran la confianza y la sensación de que uno es capaz de tener éxito en el proceso (8).
5. Los jóvenes que se incorporan a los centros educativos responden positivamente a las nuevas tecnologías, ya que han estado interactuando con la información digital desde una edad temprana (4).

3.5. Colaboración

Este aspecto pone de relieve el potencial de las tecnologías inmersivas, como la realidad virtual, para fomentar el aprendizaje colaborativo. Las aplicaciones de realidad virtual ofrecen oportunidades únicas para que los estudiantes trabajen juntos, compartan conocimientos, intercambien ideas y resuelvan problemas en colaboración. A través de entornos virtuales compartidos e interactivos, los estudiantes pueden interactuar y colaborar en tiempo real, incluso a distancia, ampliando las oportunidades de aprendizaje más allá de las limitaciones geográficas y temporales. La realidad virtual permite crear simulaciones de situaciones de la vida real en las que los estudiantes pueden colaborar para resolver problemas complejos, desarrollar habilidades de trabajo en equipo y mejorar su capacidad para comunicarse eficazmente.

Los alumnos que utilizan una aplicación virtual multiusuario experimentan un mayor estrés, principalmente por el espíritu competitivo. Por otra parte, las tecnologías inmersivas permiten crear una comunidad que promueve los intercambios, y la competencia mejora el potencial de aprendizaje (Du et al., 2020). Según los resultados de los documentos seleccionados (12/40 estudios), la colaboración a través de las tecnologías inmersivas permite resolver problemas complejos en grupo y aumenta la capacidad de comunicación y colaboración con personas en lugares remotos. Esto proporciona una oportunidad para que los estudiantes de las regiones apartadas continúen sus estudios. También existe la posibilidad de que alumnos de distintos países compartan experiencias.

3.6. Ventajas del uso pedagógico de las tecnologías inmersivas

Las ventajas hacen referencia a los beneficios, los factores que estimulan el uso y el valor añadido de las tecnologías inmersivas en la enseñanza superior. Las aplicaciones de realidad virtual ofrecen una amplia gama de beneficios potenciales para estudiantes y profesores, en especial su potencial para mejorar la experiencia de aprendizaje, desarrollar habilidades y promover el rendimiento de los estudiantes.

Treinta y cuatro (34/41) artículos mencionan que las tecnologías inmersivas ofrecen interesantes beneficios para la enseñanza superior. Los presentamos según el número de artículos que los mencionan:

- Eficacia en la transferencia de nuevos conocimientos y en el aprendizaje de nuevas habilidades (14).
- Reducción de los costes de formación, especialmente en los laboratorios de ciencias puras y aplicadas, en el ámbito médico y cuando se visitan lugares remotos (10).
- Posibilidad para los aprendices de mejorar la comprensión de conceptos abstractos (8).
- Posibilidad de mejorar las habilidades cinestésicas y visoespaciales, especialmente en la manipulación minuciosa de objetos (7).
- Creación de un espacio de colaboración y promoción de la enseñanza interactiva (7).
- Estímulo a la función cognitiva y a las habilidades sociales (5).
- Posibilidad de proporcionar una enseñanza personalizada y de permitir a los aprendices practicar a su propio ritmo (4).
- Permite la experimentación sin los riesgos asociados, especialmente con sustancias peligrosas (4).
- Aumento de la motivación, la concentración, la confianza y el interés de los aprendices (4).

3.7. Limitaciones y riesgos asociados a las tecnologías virtuales

Toda tecnología tiene sus limitaciones y riesgos, y las tecnologías inmersivas no son la excepción. Este elemento hace referencia a las barreras, las dificultades y los potenciales peligros asociados al uso de tecnologías inmersivas en la enseñanza superior. A pesar de las numerosas ventajas, hay que tener en cuenta algunas limitaciones. Es importante explorar el alcance de estas limitaciones y riesgos para contribuir a una comprensión holística del uso de las tecnologías inmersivas en la enseñanza superior y favorecer de este modo el desarrollo de estrategias de mitigación adecuadas.

Veintiún (21/41) artículos mencionan un riesgo potencial asociado a las tecnologías inmersivas. Presentamos a continuación los riesgos y las limitaciones asociadas a las tecnologías virtuales según el número de artículos que los mencionan:

- Hay pocas aplicaciones inmersivas educativas en el mercado y los recursos especializados son escasos (7).
- El diseño es complejo y costoso y la aceptación social es baja (7).
- Los cascos autónomos del tipo *Head-Mounted Display* (HMD) pueden causar malestares (mareos, cansancio visual, náuseas) (6).
- No se puede concluir que haya transferencia de conocimientos (3).
- Riesgo de ciberadicción y problemas éticos (2).
- Aumento de la carga cognitiva de los alumnos si la aplicación está mal diseñada (2).

Las publicaciones analizadas señalan que el uso de tecnologías inmersivas en la educación superior está aún en una etapa muy temprana, y queda mucho por hacer para aprovechar todo su potencial. Se necesitan importantes inversiones en equipos y programas informáticos, y el profesorado y los estudiantes deben recibir formación para utilizar todas las funciones de estas tecnologías. Sin embargo, a medida que las tecnologías inmersivas sean más asequibles, es probable que aumente su uso en la enseñanza superior. Los autores coinciden en señalar que los recursos limitados son un verdadero reto para muchas instituciones de enseñanza superior, pero el uso de tecnologías inmersivas puede ser una herramienta valiosa para superar estos retos. A medida que la tecnología siga avanzando, es probable que cada vez más instituciones utilicen estas tecnologías para mejorar la calidad de la enseñanza que imparten.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La mayoría de los estudios que se han realizado sobre el uso pedagógico de las tecnologías inmersivas confirman que, si están bien diseñadas, las aplicaciones virtuales educativas son eficaces en términos de aprendizaje (Butti et al., 2020). Sin embargo, estas aplicaciones deben crearse teniendo en cuenta los intereses y las capacidades de los alumnos; de igual manera, es esencial que el escenario y el diseño del artefacto estén bien adaptados a las competencias críticas que se quieren transferir a los aprendices (Du et al., 2020). Por otro lado, se requiere tener precaución dado el potencial de abuso o de mal uso. Entre otras cosas, existen riesgos asociados a un diseño inadecuado, por lo que es esencial seguir investigando para evaluar los riesgos asociados al mal uso de las tecnologías (Freina y Ott, 2015).

Es importante hacer notar que el desarrollo de aplicaciones inmersivas sigue siendo costoso y complejo de diseñar y aplicar. Dado que la investigación sobre el tema es escasa, es esencial que se incremente la investigación en esta área de conocimiento. Las aplicaciones inmersivas, como todas las tecnologías educativas, son herramientas al servicio del ser humano. En ese sentido, el diseño de las aplicaciones educativas debe basarse, en primer lugar, en las teorías educativas. También deben crearse teniendo en cuenta las preferencias y capacidades de los alumnos (Gnanadurai et al., 2022).

El interés de las tecnologías inmersivas es poder reproducir una experiencia en un mundo imaginario con el objetivo de mejorar los conocimientos de los alumnos (Han et al., 2021). Estas

tecnologías ofrecen múltiples ventajas: reducción de costos de ciertos insumos para el aprendizaje de ciencias, reducción de desplazamientos, eliminación de riesgos en la manipulación de sustancias peligrosas, etc. (Hwang et al., 2022). Por otro lado, las tecnologías inmersivas comportan también ciertos riesgos, por lo tanto es conveniente crear un marco de utilización adecuada de estas herramientas, sobre todo en los centros educativos (Jensen y Konradsen, 2018).

Dentro de las limitaciones de esta revisión de literatura conviene señalar la disponibilidad limitada de estudios empíricos que investiguen la efectividad de las tecnologías inmersivas en la educación superior, debido a que estas aplicaciones son relativamente nuevas en este contexto. Este aspecto ha dificultado la inclusión de un número considerable de estudios relevantes. La variabilidad en los enfoques de implementación de las tecnologías inmersivas en la educación superior (diferentes tecnologías en disciplinas diferentes) dificulta también la comparación de los resultados de los estudios y la realización de conclusiones generales.

La medición del impacto de las tecnologías inmersivas en el aprendizaje puede ser un desafío debido a la variedad de factores que pueden influir en el aprendizaje de los estudiantes. Además, la mayoría de los estudios se enfocan en la satisfacción del estudiante o en la retención de conocimientos inmediatamente después del uso de las tecnologías, pero puede ser difícil medir su impacto a largo plazo.

Como posibles líneas de investigación futuras podemos señalar la realización de estudios longitudinales que sigan a los estudiantes durante varios semestres para medir el impacto a largo plazo de estas tecnologías. Resultaría interesante también desarrollar estudios comparativos sobre el impacto de diferentes enfoques de implementación de las tecnologías inmersivas en diferentes disciplinas para de esta forma identificar las mejores prácticas y los enfoques más efectivos. De igual manera, es importante abordar los aspectos de la accesibilidad para estudiantes con discapacidades o que provengan de contextos socioeconómicos desfavorecidos. Por último, conviene investigar con mayor profundidad la validez de las herramientas y los métodos de evaluación para medir la eficacia de las tecnologías inmersivas en contextos de educación superior.

5. REFERENCIAS

- Altinpulluk, H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education & Information Technologies*, 24(2), 1089–1114. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9806-3>
- Baukal, C. E., Ausburn, F. B., y Ausburn, L. J. (2013). A proposed multimedia cone of abstraction: Updating a classic instructional design theory. *Journal of Educational Technology*, 9(4), 15-24. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1101723>
- Butti, N., Biffi, E., Genova, C., Romaniello, R., Redaelli, D. F., Reni, G., Borgatti, R., y Urgesi, C. (2020). Virtual Reality Social Prediction Improvement and Rehabilitation Intensive Training (VR-SPIRIT) for paediatric patients with congenital cerebellar diseases: study protocol of a randomised controlled trial. *Trials*, 21(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-4001-4>

- Chang, C-Y., Debra Chena, C-L. et Chang, W-K (2019). Research on immersion for learning using virtual reality, augmented reality and mixed reality. *Enfance*, 3, 413 – 426. <https://doi.org/10.3917/enf2.193.0413>
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., y Nakamura, J. (2014). Flow. En M. Csikszentmihalyi (Ed.), *Flow and the foundations of positive psychology* (pp. 227-238). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_15
- Dale E. (1969). *Audiovisual methods in teaching*. Dryden Press. <https://eric.ed.gov/?id=ED043234>
- Du, Y.-C., Fan, S.-C., y Yang, L.-C. (2020). The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: a randomized controlled study. *BMC Medical Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02155-9>
- Fourtané, S. (2022, 18 abril). Metaverse: The University Becomes the Metaversity. *Fierce Education*. <https://www.fierceeducation.com/student-engagement/future-higher-ed-university-becomes-metaversity>
- Freina, L. y Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *Proceedings of the 11th International Scientific Conference "eLearning and Software for Education"*, 1(20), 133-141. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020>
- Gnanadurai, J.B., Thirumurugan, S. et Vinothina, V. (2022). Exploring Immersive Technology in Education for Smart Cities. En S. Aurelia et S. Paiva. (Eds.), *Immersive Technology in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing* (pp. 1-25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66607-1_1
- Giles, H., y Ogay, T. (2007). Communication Accommodation Theory. En B. B. Whaley y W. Samter (Eds.), *Explaining communication: Contemporary theories and exemplars* (pp. 293-310). Lawrence Erlbaum. https://folia.unifr.ch/documents/306470/files/2007_gilesogay_cat.pdf
- Gough, D., Oliver, S., y Thomas, J. (2017). Introducing systematic reviews. En D. Gough, S. Oliver y J. Thomas (Eds.), *An introduction to systematic reviews* (pp. 1-18) (3ª ed.). SAGE
- Han, S. G., Kim, Y. D., Kong, T. Y., y Cho, J. (2021). Virtual reality-based neurological examination teaching tool (vrnet) versus standardized patient in teaching neurological examinations for the medical students: a randomized, single-blind study. *BMC Medical Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02920-4>
- Hwang, G. J., y Chien, S. Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
- Ille, S., Ohlerth, A.-K., Colle, D., Colle, H., Dragoy, O., Goodden, J., Robe, P., Rofes, A., Mandonnet, E., Robert, E., Satoer, D., Viegas, C. P., Visch-Brink, E., van Zandvoort, M. et Krieg, S. M. (2021). Augmented reality for the virtual dissection of white matter

- pathways. *Acta Neurochirurgica : The European Journal of Neurosurgery*, 163(4), 895–903. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04545-w>
- Jensen, L., y Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3), 2-10. <https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Liangfu, J. (2021). Virtual reality action interactive teaching artificial intelligence education system. *Complexity*, 5553211. <https://doi.org/10.1155/2021/5553211>
- Marceaux, J. y Dion-Gauvin, M-A. (2021, 10 de noviembre). *Intégration pédagogique des technologies immersives* [Presentación en diapositivas]. Conferencia *La grande famille des technologies immersives* en la serie *Technologies immersives et compétences*. Québec.
- Nijman, S. A., Veling, W., Greaves-Lord, K., Vos, M., Zandee, C. E. R., Aan het Rot, M., Geraets, C. N. W. et Pijnenborg, G. H. M. (2020). Dynamic interactive social cognition training in virtual reality (DiSCoVR) for people with a psychotic disorder: single-group feasibility and acceptability study. *JMIR Ment Health*, 7(8). <https://doi.org/10.2196/17808>
- Paszkievicz, A., Salach, M., Dymora, P., Bolanowski, M., Budzik, G., y Kubiak, P. (2021). Methodology of implementing virtual reality in education for industry 4.0. *Sustainability*, 13(9), <https://doi.org/10.3390/su13095049>
- Plante, P. y Angulo, G. (2021, 7 de mayo). *Jeu sérieux et ludification : de la compréhension à l'expérimentation* [Presentación en diapositivas]. Conferencia presentada en el mes de la pedagogía – Facultad de medicina de la Université Laval, Québec. <https://r-libre.telug.ca/2307/>
- Premack, D., y Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and brain sciences*, 1(4), 515-526. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00076512>
- Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J. et Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computer & Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ritzema, T., y Harris, B. (2008). The use of Second Life for distance education. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 23(6), 110-116. <http://cs.potsdam.edu/faculty/laddbc/Teaching/Ethics/StudentPapers/2008Ritzema-TheUseOfSecondLifeForDistanceEducation.pdf>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)

- Tang, Y. M., Au, K. M., Lau, H. C. W., Ho, G. T. S. et Wu, C. H. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (mr) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), 797–807. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00427-9>
- Wall-Lacelle, S., Poellhuber, B., Marquis, C. y Roy, N. (2021). *Scénarisation pédagogique de simulations en réalité virtuelle au postsecondaire : « bons coups, bad coups » de la première itération d'une recherche collaborative*. En P. Plante, M. Alexandre, C. Papi, A. Stockless y R. Grégoire (Eds.), *Actas del Congreso ROC 2021 : Solidarités numériques en éducation : une culture en émergence* (pp. 13-16). REFAD, ONE, CIRTA, Université TÉLUQ.
- Wang, M., Callaghan, V., Bernhardt, J., White, K., y Pena-Rios, A. (2018). Augmented reality in education and training: pedagogical approaches and illustrative case studies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9, 1391-1402. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0547-8>
- Xie, Y., Zhang, Y. et Cai, Y. (2019). Virtual reality engine disassembly simulation with natural hand-based interaction. En Cai, Y., van Joolingen, W. et Walker, Z (dir.), *VR, Simulations and Serious Games for Education*. 121-128. Springer.

Para citar este artículo:

Angulo Mendoza, G. A., Lewis, F., Plante, P., y Brassard, C. (2023). Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360° en educación superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (84), 35-51. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2769>