



EVALUACIÓN DE OBJETOS DE REALIDAD VIRTUAL EN LA EDUCACIÓN: ANÁLISIS DE LA USABILIDAD Y ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS POR ESTUDIANTES*

EVALUATION OF VIRTUAL REALITY OBJECTS IN EDUCATION: ANALYSIS OF USABILITY, TECHNICAL, AND AESTHETIC ASPECTS BY STUDENTS

AVALIAÇÃO DE OBJETOS DE REALIDADE VIRTUAL NA EDUCAÇÃO: ANÁLISE DA USABILIDADE, ASPECTOS TÉCNICOS E ESTÉTICOS PELOS ESTUDANTES



Julio Cabero Almenara

Autor de correspondencia

Universidad de Sevilla, España

<https://orcid.org/0000-0002-1133-6031>

cabero@us.es

María Miravete Gracia

Universidad Internacional de Andalucía, España

<https://orcid.org/0009-0001-1464-5972>

mariamiravetegracia@gmail.com

Manuel Serrano Hidalgo

Universidad de Sevilla, España

<https://orcid.org/0000-0003-1029-7066>

masehi@us.es

Trinidad Núñez Domínguez

Universidad de Sevilla, España

<https://orcid.org/0000-0002-1576-7402>

mtnunez@us.es

Recibido: 14/06/2024 Revisado: 18/10/2024 Aceptado: 28/10/2024 Publicado: 02/01/2025

Resumen: La investigación evalúa la usabilidad y los aspectos técnicos y estéticos de un objeto de realidad virtual (RV) desde la perspectiva de estudiantes universitarios. Se empleó un diseño no experimental, descriptivo y comparativo, con enfoque cuantitativo y de corte transversal. Utilizando la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) e ítems específicos para los aspectos técnicos y estéticos, se analizaron dos versiones del mismo objeto de RV. La muestra incluyó a 324 estudiantes de la Facultad de Comunicación y la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla. Los resultados indicaron que ambas versiones alcanzaron puntuaciones altas en la escala SUS, lo que sugiere un nivel adecuado de usabilidad. No obstante, se identificaron diferencias significativas entre las versiones, siendo la que incorporaba clips de vídeo, audio y mapas percibida como más usable. En cuanto a los aspectos técnicos y estéticos, no se encontraron diferencias significativas, aunque una de las versiones recibió una valoración ligeramente superior en calidad estética. Los resultados subrayan la importancia de diseñar objetos de RV que sean tecnológicamente avanzados, fáciles de usar y visualmente atractivos para optimizar su potencial educativo.

e-ISSN:2172-7910

Doi: 10.25267/Hachetetepe.2025.i30.1101

Universidad de Cádiz

Palabras claves: Realidad Extendida; Usabilidad; Escala de Usabilidad del Sistema; Realidad Virtual; Realidad Aumentada.

Abstract: The research evaluates the usability, technical, and aesthetic aspects of a virtual reality (VR) object from the perspective of university students. A non-experimental, descriptive, and comparative design with a quantitative and cross-sectional approach was employed. Using the System Usability Scale (SUS) and specific items for technical and aesthetic aspects, two versions of the same VR object were analyzed. The sample included 324 students from the Faculty of Communication and the Faculty of Education Sciences at the University of Seville. The results indicated that both versions achieved high scores on the SUS scale, suggesting an adequate level of usability. However, significant differences were identified between the versions, with the one incorporating video clips, audio, and maps perceived as more usable. In terms of technical and aesthetic aspects, no significant differences were found, although one version received a slightly higher rating for aesthetic quality. The findings highlight the importance of designing VR objects that are technologically advanced, easy to use, and visually appealing to optimize their educational potential.

Keywords: Extended Reality; Usability; System Usability Scale; Virtual Reality; Augmented reality.

Resumo: A pesquisa avalia a usabilidade e os aspectos técnicos e estéticos de um objeto de realidade virtual (RV) a partir da perspectiva de estudantes universitários. Foi utilizado um desenho não experimental, descritivo e comparativo, com abordagem quantitativa e de corte transversal. Utilizando a Escala de Usabilidade do Sistema (SUS) e itens específicos para os aspectos técnicos e estéticos, foram analisadas duas versões do mesmo objeto de RV. A amostra incluiu 324 estudantes da Faculdade de Comunicação e da Faculdade de Ciências da Educação da Universidade de Sevilha. Os resultados indicaram que ambas as versões alcançaram pontuações altas na escala SUS, o que sugere um nível adequado de usabilidade. No entanto, foram identificadas diferenças significativas entre as versões, sendo a que incorporava cliques de vídeo, áudio e mapas percebida como mais utilizável. No que diz respeito aos aspectos técnicos e estéticos, não foram encontradas diferenças significativas, embora uma das versões tenha recebido uma avaliação ligeiramente superior em qualidade estética. Os resultados destacam a importância de projetar objetos de RV que sejam tecnologicamente avançados, fáceis de usar e visualmente atraentes para otimizar seu potencial educativo.

Palavras-chave: Realidade Estendida; Usabilidade; Escala de Usabilidade do Sistema; Realidade Virtual; Realidade Aumentada.

Cómo citar este artículo: Cabero-Almenara, J., Miravete-Gracia, M^a., Serrano-Hidalgo, M., y Núñez Domínguez, T. (2025). Evaluación de objetos de Realidad Virtual en la educación: análisis de la usabilidad y aspectos técnicos y estéticos por estudiantes. *Hachetetepe. Revista científica en Educación y Comunicación*, (29), 1-22. <https://doi.org/10.25267/Hachetetepe.2025.i30.1101>

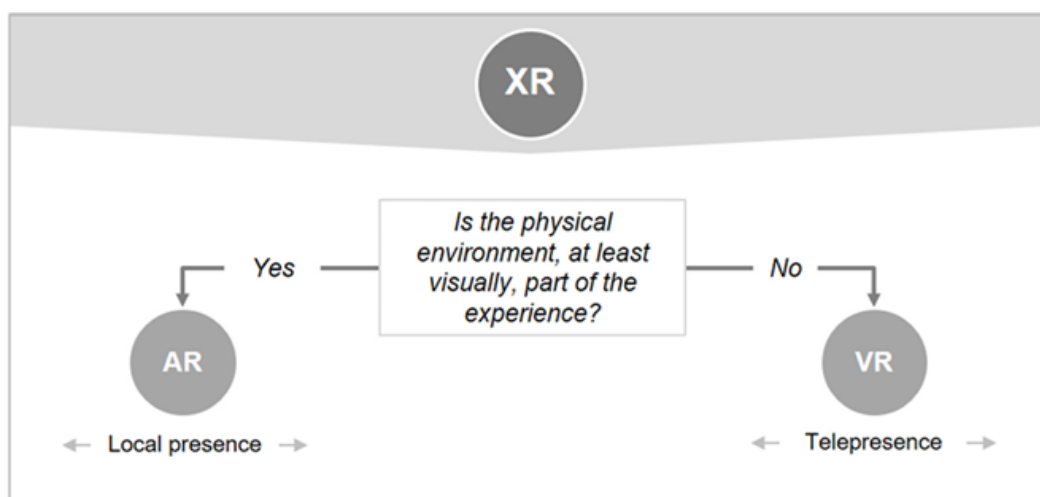
1. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos una serie de tecnologías, que han sido consideradas como tecnologías emergentes que de acuerdo con (Cabero y Llorente, 2023, p.13) “a) son herramientas e innovaciones metodológicas, b) experimenta (un ciclo de sobre expectativa y c) pueden ser potencialmente disruptivas”, se están acercando al terreno educativo, siendo unas de ellas la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV) y la realidad extendida (RE).

De cara a su conceptualización, Rauschnabel et al. (2022) señalan que son términos que ofrecen cierta confusión conceptual, y que para su concreción y diferenciación se deben tener en cuenta el esquema que presentan en la figura 1.

Figura 1

Esquema de la realidad mixta o extendida y la realidad aumentada y virtual.



Fuente: Rauschnabel et al. (2022, p.6).

Especificando sus conceptualizaciones, hay que indicar que la RA superpone elementos virtuales al mundo real, enriqueciendo la percepción del entorno sin aislar al usuario de su contexto físico. En lo que se refiere a la RV se puede entender la suma de los sistemas de hardware y software que buscan perfeccionar una ilusión sensorial completa de estar presente en un entorno digital. Siendo uno de sus beneficios, la promoción de una experiencia inmersiva, en la que el usuario se sumerge en un entorno virtual y digital (Lai y Cheong, 2022).

Dentro de la RV se diferencian tres tipos de categorías de acuerdo con Lai y Cheong (2022): RV no inmersiva, la forma más común, a menudo en gran parte olvidada como experiencias de RV. Involucran un sensor de movimiento que detecta el movimiento del usuario, que luego se traduce en pantalla, en un mundo virtual; b) RV semiinmersiva proporciona un entorno parcialmente virtual, y se utiliza comúnmente para fines de entrenamiento y educativos. Como ejemplo, en un simulador de vuelo; y c) RV completamente inmersiva, que proporciona a los usuarios la experiencia inmersiva más realista posible. Se requiere el uso de unos visores especiales en la cabeza para proporcionar contenido sensorial con un amplio campo de visión, e incluso puede ser programable para proporcionar retroalimentación háptica de cuerpo completo.

Aunque por lo general se aceptan dos tipos de categorías en la RV: la RV de baja inmersión, la cual hace uso de dispositivos convencionales como el ratón y el teclado para la interacción, y la de alta inmersión, que típicamente implica la utilización de dispositivos como los visualizadores montados en la cabeza ("Head-Mounted Display" o HMD) (Mulders et al., 2020).

En el ámbito de la RE o Mixta, como también se le conoce, es relevante destacar que esta tecnología fusiona elementos de la RA y la RV. Como resultado, se logra la

creación de objetos virtuales que permiten a los usuarios interactuar con un entorno tridimensional. Este proceso se lleva a cabo mediante la inmersión en el mundo virtual característico de la RV, al mismo tiempo que se superponen contenidos virtuales utilizando la tecnología de RA. La convergencia de estas dos modalidades ofrece nuevas posibilidades para la experiencia del usuario y su interacción con el entorno digital.

A manera de síntesis de las tres tecnologías, se puede señalar de acuerdo con Brown et al. (2020, p. 29) que:

La realidad extendida (XR) es un término integral para los entornos que combinan lo físico con lo virtual o brindan experiencias virtuales completamente inmersivas. Las dos tecnologías más comunes son la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR). Mientras que la RA superpone objetos físicos y lugares con contenido virtual, la RV suele ser una experiencia más inmersiva, que implica manipulaciones e interacciones con objetos virtuales dentro de un entorno completamente virtual.

Wang et al. (2023) sintetizan en la figura 2 los tres tipos de realidades comentadas, que difieren en términos de las características de interacción que establecen.

Figura 2

Identificación de la capacidad de interacción tecnológica



Fuente: Wang et al. (2023).

La significación que las tecnologías de la RV y RE están adquiriendo en el terreno educativo se puede observar por el volumen de investigaciones realizadas y de metaanálisis efectuados sobre las mismas (Banjar et al., 2023; Conrad et al. 2024; Gonzáles et al., 2024). Metaanálisis que aportan su significación para la incorporación a la enseñanza y la formación.

1.2. Principios para el diseño de objetos de aprendizaje en RV

Un aspecto clave para la incorporación de estos objetos en acciones formativas se refiere a cómo los diseñamos y qué variables podemos movilizar. Aspecto que se hace más necesario cuando los objetos son elaborados para personas con necesidades y características específicas (Ausín Villaverde et al., 2023; López-Belmonte et al., 2024).

Y al respecto los postulados podrían adquirirse desde la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Kartiko et al., 2010). Teoría que fue formulada por Mayer (2002 y 2021), y que se apoya como indican Mulders et al. (2020), en diferentes principios así, para mejorar la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes, es esencial reducir el procesamiento superfluo y eliminar los elementos que puedan distraerlos. Además, se deben considerar principios como la redundancia de la información, el uso de señalizaciones para guiar la atención del estudiante y el principio de modalidad, que sugiere que es más efectivo presentar imágenes acompañadas de texto hablado en lugar de escrito. Este formato de presentación facilita un aprendizaje más eficaz..

Por otro lado, es fundamental considerar el principio de segmentación, el cual sugiere que la división de contenidos complejos en unidades de aprendizaje más pequeñas, o el diseño del material desde una perspectiva que fomente la actividad del estudiante, es altamente beneficioso para el aprendizaje (Alpizar et al., 2020; Mulders et al., 2020; Mayer et al., 2023).

Estos principios de diseño deben ser aplicados con especial cuidado al desarrollar materiales en formatos de RA y RV, ya que, según Parong y Mayer (2021), estos tipos de materiales tienden a inducir una mayor excitación emocional. Esto puede llevar a los estudiantes a participar en actividades más lúdicas en lugar de formativas durante su interacción con el contenido (Makransky et al., 2019; Parong y Mayer, 2021; Mayer et al., 2023).

En lo que respecta al aspecto de la señalización y guía, en los objetos de RV esto puede ser facilitado mediante la incorporación de “puntos calientes” en el programa. Estos puntos proporcionan información adicional al estudiante en diversos formatos, como imágenes fijas, clips de vídeo, animaciones o podcasts de audio (Alpizar et al., 2020). Además, también se pueden utilizar flechas que sugieran el desplazamiento, orientando así al estudiante en su interacción con el contenido.

Cabe señalar que la incorporación de vídeos en formato 360° ha demostrado ser eficaz (Cabero-Almenara et al., 2023; Christopoulos et al., 2023; Chen et al., 2024). Este recurso se está integrando cada vez con mayor frecuencia en los objetos de RV (Herranz et al., 2019; Marín et al., 2022) si bien como señala Zilles (2020, p.6):

el contenido en 360° no es la VR en sí. Si bien la VR es una interfaz (el dispositivo, la plataforma, el medio), los formatos de contenido enmarcados en este medio son entonces los videos e imágenes 3D que se desarrollan en espacios 360°

En definitiva, existen diversos elementos y enfoques para la producción de materiales en formato RE o RV: la presentación de la información (textual, auditiva, visual o audiovisual), las posibilidades de intervención del usuario, la libertad o dirección del movimiento, la incorporación de evaluaciones, la contextualización de la información mediante esquemas o mapas, la figura del presentador de la información, el uso de “puntos calientes” y la utilización de sumarios. Por último, es importante indicar que algunos de estos elementos han sido los utilizados por nosotros en la investigación para diferenciar las versiones producidas.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio está enmarcado en un proyecto de mayor envergadura titulado: *El metaverso: la realidad extendida (virtual y aumentada) en la educación superior: diseño, producción, evaluación y formación de programas de realidad extendida para la enseñanza universitaria*. Entre los objetivos de dicha investigación se encuentra el de “Diseñar y producir distintos contenidos en formato de realidad extendida para ser aplicados en contextos de formación universitaria en distintas áreas curriculares, y evaluar sus posibilidades de cara al rendimiento de los estudiantes”.

2.1. Diseño metodológico

El presente estudio sigue un diseño experimental, realizado para observar fenómenos educativos donde se manipulan diferentes variables, en concreto se analizan dos versiones diferentes de estructurar un objeto de aprendizaje producido en formato RV, permitiendo analizar y comparar las percepciones de los estudiantes sobre la usabilidad y los aspectos técnicos y estéticos de dos versiones de un objeto de RV. La recolección de datos se realizó mediante opiniones de los estudiantes en un momento determinado. Mediante un cuestionario estructurado se pueden capturar las opiniones de los estudiantes en un momento temporal específico.

2.2. Objetivos de la investigación

Objetivo general: Determinar la percepción de usabilidad, así como la valoración de aspectos técnicos y estéticos de un objeto de RV, desde la perspectiva de estudiantes universitarios.

Objetivos específicos:

- Comparar la percepción de usabilidad de los estudiantes universitarios sobre dos versiones del mismo objeto de RV.
- Comparar la valoración de los aspectos técnicos y estéticos entre las dos versiones del objeto de RV.
- Determinar si existen diferencias significativas en la percepción de usabilidad según el centro educativo (Facultad de Comunicación y Facultad de Ciencias de la Educación).
- Determinar si existen diferencias significativas en la valoración de los aspectos técnicos y estéticos según el centro educativo.

2.3. Instrumento de evaluación

Para la recolección de datos, se utilizó un cuestionario estructurado en Google Forms, que incluía cuatro secciones: a) datos biográficos (género, edad, curso y centro educativo), b) la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), c) preguntas específicas sobre aspectos técnicos y estéticos del objeto de RV, y d) una pregunta abierta para que los estudiantes describieran el objeto mediante adjetivos.

2.3.1. Escala de Usabilidad del Sistema (SUS)

La usabilidad se define como la capacidad de una herramienta u objeto producido con el fin de emplearse de manera eficiente y efectiva para un objetivo específico. Este término abarca la evaluación de la facilidad que tienen los usuarios para interactuar con la herramienta, con un enfoque en la optimización de la experiencia del usuario en términos de eficacia y satisfacción. Según Torres (2018), este concepto está relacionado

e-ISSN:2172-7910

Doi: 10.25267/Hachetetepe.2025.i30.1101

Universidad de Cádiz

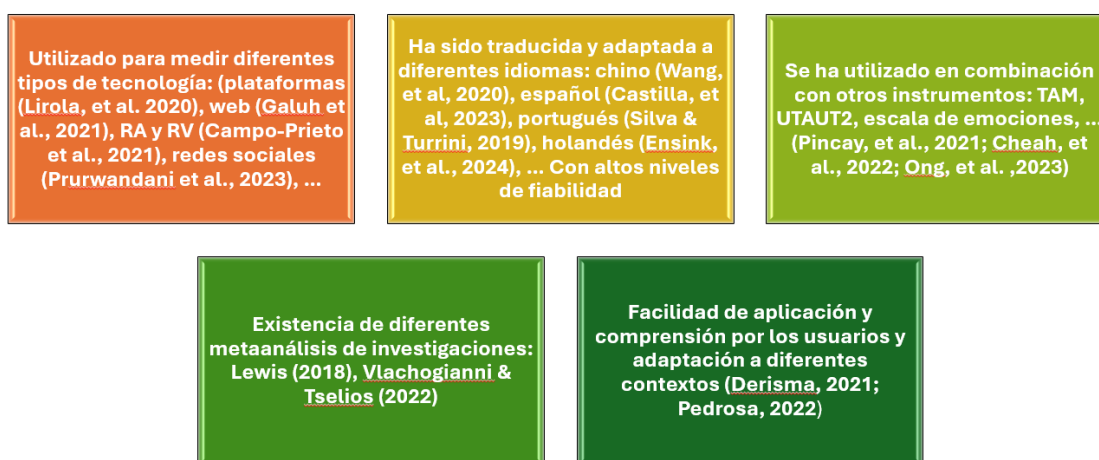
con varios elementos, que incluyen la facilidad de uso, la experiencia del usuario y el diseño centrado en el usuario.

Uno de los instrumentos más comunes para evaluar la usabilidad es la “Escala de Usabilidad del Sistema” (“System Usability Scale” - SUS). Esta escala fue diseñada por Brooke (1996) y se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas para el diagnóstico de la usabilidad percibida (Lewis, 2018; Gronier y Baudet, 2021).

Su relevancia para analizar la usabilidad se puede justificar por una diversidad de variables como puede observarse en la figura 3.

Figura 3

Motivos de justificación del uso de la escal SUS



Fuente: Elaboración propia.

Esta escala se presenta como un cuestionario estandarizado de 10 ítems con formato Likert puntuados de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo). La obtención de la puntuación SUS no es directa, sino que para su obtención se suman los ítems impares y se le restan cinco puntos, posteriormente se suman los ítems pares y el sumatorio obtenido se resta a 25. Se suman las dos puntuaciones alcanzadas y se multiplica por 2,5 (Devin, 2017).

Para una adecuada interpretación de la puntuación final, se ha de seguir la recomendación de Gimeno (2018): una puntuación de menos de 50 puntos se consideraría suspenso; de más de 80 sería sobresaliente; entre 50 y 65 bien y entre 65 y 80 notable. Otra propuesta es la de Pedrosa (2022), que establece un mínimo de 68 puntos para considerar que el objeto tiene una usabilidad deseable.

En cuanto a la fiabilidad de la escala, se obtuvieron los siguientes coeficientes: un valor alfa de Cronbach de 0.924 y un valor omega de McDonald de 0.902, lo que refleja un alto nivel de consistencia interna del instrumento (O'Dwyer y Bernauer, 2014).

Las preguntas que conformaban el instrumento eran las siguientes;

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.
2. El sistema me pareció innecesariamente complejo.
3. Creo que el sistema es fácil de usar.
4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema.

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.
6. Creo que el sistema es muy inconsistente.
7. Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
8. Encuentro que el sistema es muy difícil de utilizar.
9. Me sentí muy seguro usando el sistema.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de empezar con el sistema.

2.3.2. Preguntas sobre aspectos técnicos y estéticos

Conformadas por 5 ítems adicionales, estas preguntas valoran de 0 (muy malo/malísimo) a 10 (muy bueno/buenísimo) las siguientes dimensiones:

- a. La calidad técnica del recurso con el que has interactuado la valorarías de:
- b. El funcionamiento técnico del programa lo calificarías de:
- c. La calidad estética del recurso con el que has interactuado la valorarías de:
- d. La facilidad de manejo del recurso con el que has interactuado la valorarías de:
- e. La utilidad educativa/social de este tipo de recursos con el que has interactuado la valorarías de:

Preguntas que fueron utilizadas en otras investigaciones para solicitar la evaluación de objetos en RA (Cabero-Almenara et al., 2017).

2.3.3. Pregunta abierta

Solicitud de adjetivos que describan, según la percepción de los estudiantes, el objeto de aprendizaje para su posterior análisis a través de una nube de palabras.

Se debe de señalar que para el presente estudio simplemente se utilizaron las preguntas del SUS y las que medían diferentes aspectos técnicos y estéticos.

2.4. Objetos producidos en RV

Para llevar a cabo este estudio se han hecho uso de dos versiones distintas de un mismo objeto de aprendizaje en formato RV, denominado: “Científicas en el callejero de Sevilla. Vista con Realidad Virtual”. A través de este objeto, los usuarios pueden realizar un recorrido virtual por calles, plazas o parques de la ciudad de Sevilla que han sido concedidos y dedicados por la corporación municipal a mujeres que destacaron en ciencias.

El objeto se estructura en tres secciones o programas con temáticas distintas. El primero es una presentación biográfica de la científica. Se muestra una imagen de la científica, junto con una biografía breve, señalando su principal área de actividad científica. El segundo está destinado al contexto histórico y social. Se presentan los eventos sociales e históricos con mayor relevancia para la ciudad de Sevilla ocurridos durante la vida de la científica. Por último, el tercero, está destinado al reconocimiento municipal. Se indica la fecha en la que se le otorgó el nombre de la calle, parque o plaza. Todos estos programas se van sucediendo mientras se acompaña al usuario en un recorrido virtual por cada una de estas calles, parques o plazas.

De este mismo objeto se desarrollaron dos versiones, cada una con diferencias en los principios de diseño. Ambas versiones están disponibles en las siguientes direcciones:

- Versión 1: <https://innova01.us.es/cientificasid/>
- Versión 2: <https://innova01.us.es/cientificassevillaid/>

Para la creación de estos objetos se emplearon diferentes softwares —Figura 4—.

Figura 4

Programas utilizados para la producción de los programas

<p>Krpano (Integración del proyecto de realidad virtual, ensamblaje de panorámicas y vídeos en 360 grados, y desarrollo de elementos interactivos)</p>	<p>Adobe Photoshop (Edición profesional de imágenes en 360 grados y creación de materiales gráficos, incluyendo carteles de créditos, interfaces de inicio y elementos de navegación)</p>	<p>Adobe Premiere Pro (Optimización de la resolución y calidad de reproducción de vídeos en 360 grados)</p>
<p>Insta360 Studio (Procesamiento y ensamblaje de imágenes en 360 grados, y su conversión a formato JPG)</p>	<p>MyHeritage (Generación de animaciones utilizando inteligencia artificial para dar vida a imágenes de científicas, creando la ilusión de que hablan)</p>	<p>Canva (Creación de contenidos visuales complementarios y diseño de iconos interactivos para la navegación del usuario)</p>

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Diferencias entre las versiones

Ambas versiones inician con las mismas carátulas como puede observarse en la figura 5 y tienen en común el uso de puntos calientes para atraer al usuario hacia el contenido audiovisual que muestra el contenido educativo.

Figura 5

Comienzo del programa en ambas versiones



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se diferenciaban en varios aspectos específicos, que se describen en la tabla 1:

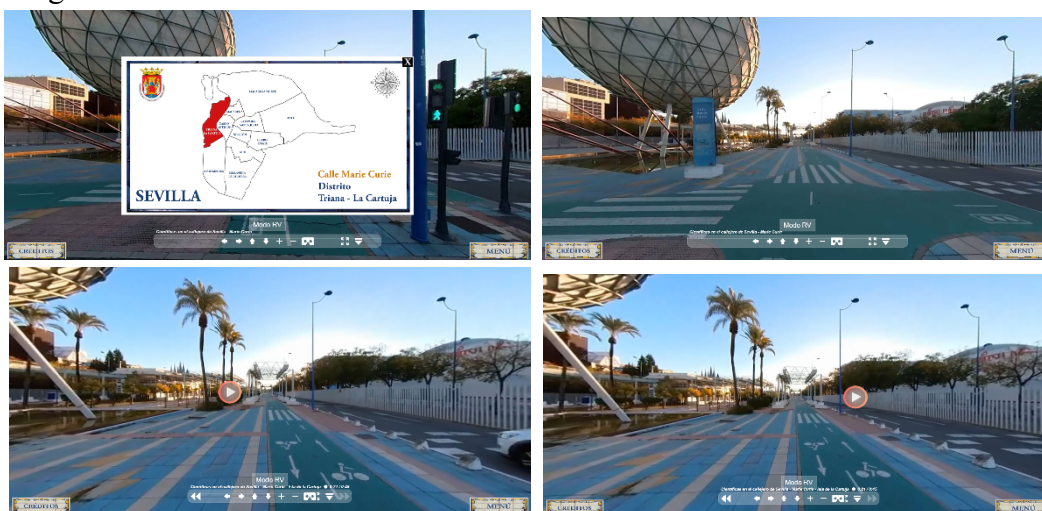
Tabla 1
Elementos diferenciadores para cada versión

Elemento	Versión 1	Versión 2
Inicio	Comienzo con un mapa de ubicación en la ciudad.	Comienzo directo en la calle.
Música de fondo	Incorporación de música de fondo.	Sin música.
Puntos calientes	Ubicados de manera alternativa (izquierda-derecha).	Ubicados en el mismo punto o localización (izquierda).
Presentación histórica	Clip de vídeo con imágenes de la época.	Descripción del momento histórico con una imagen estática.
Presentación de la fecha	Texto y audio redundantes.	Solo texto para la presentación de la fecha.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los elementos diferenciadores, como la existencia o no de un mapa al comienzo de cada calle o la posición del punto caliente, se ilustran a continuación — Figura 6—:

Figura 6
Algunos elementos diferenciadores



Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que, para esta investigación, los objetos se utilizaron en una versión de escritorio, por lo que fueron objetos de RV no inmersivos.

2.5. Muestra

La muestra fue seleccionada y no aleatoria. Se compone de estudiantes universitarios de la Facultad de Educación y de la Facultad de Comunicación de la Universidad de Sevilla. La selección de participantes se realizó a través de docentes universitarios que impartían Psicología Social de la Comunicación (Facultad de Comunicación) y Formación y Orientación Laboral y TIC aplicadas a la Educación

(Facultad de Educación). Estos utilizaron en algunos grupos la versión 1 y en otros la versión 2 del objeto de RV, esto si se realizó de forma azarosa.

Los participantes fueron de 324, que cursaban estudios en 1° y 2° grado.

A continuación, la tabla 2 muestra la cantidad de sujetos que participaron en la investigación en función del centro educativo de pertenencia y la versión del objeto con el cual interaccionaron.

Tabla 2.

Muestras de ambas versiones en función del centro educativo

Centro Educativo	Versión 1		Versión 2	
Facultad de Educación	157	69,2 %	79	81,4 %
Facultad de Comunicación	70	30,8 %	18	18,6 %
Total	227	100 %	97	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Hay que señalar finalmente que tres son las estrategias que normalmente se utilizan para la evaluación de las TIC: autoevaluación por los productores, juicio de expertos y evaluación “por” y “desde” los usuarios (Barroso et al., 2015). En esta investigación se ha seleccionado la última estrategia, al solicitar la valoración a los estudiantes.

3. RESULTADOS

3.1. Percepción de usabilidad

En relación con la usabilidad, en la tabla 3 se muestran los valores obtenidos en las puntuaciones otorgadas por los estudiantes para cada una de las versiones.

Tabla 3

Puntuaciones medias y desviaciones típicas alcanzadas en las dos versiones de la escala SUS

Ítems	Versión 1		Versión 2	
	M	D.tp	M	D.tp
Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia	3,92	,97	3,95	,89
El sistema me pareció innecesariamente complejo	2,46	1,26	2,57	1,22
Creo que el sistema es fácil de usar	4,17	,99	4,10	,82
Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema.	1,90	1,34	2,20	1,27
Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas	3,96	,88	3,82	,91
Creo que el sistema es muy inconsistente	2,21	1,20	2,37	1,04
Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente	4,20	,92	4,01	1,04
Encuentro que el sistema es muy difícil de utilizar	1,80	1,19	2,00	1,16
Me sentí muy seguro usando el sistema	4,16	,91	3,93	,96
Necesité aprender muchas cosas antes de empezar con el sistema	1,74	1,18	1,96	1,15

Nota: (M=media – D.tp=Desviación típica).

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que los ítems pares corresponden con una afirmación negativa de usabilidad del objeto y los impares corresponden a una afirmación positiva, se puede observar que los resultados son favorables hacia la usabilidad del objeto. Los valores SUS obtenidos se presentan en la tabla 4.

Tabla 4

Puntuación en la escala Usabilidad

Versión	Puntuación SUS
Versión 1	80,25
Versión 2	71,70
Versión 1+2	75,98

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos por ambas versiones en la escala de usabilidad superan la puntuación mínima de 68 estipulada por diferentes autores (Gimeno, 2018; Pedrosa, 2022). Ambas versiones del objeto de RV analizado muestran un alto y adecuado nivel de usabilidad, con puntuaciones muy similares.

3.2. Diferencias significativas en la percepción de usabilidad

Para analizar si existen diferencias significativas en la percepción de usabilidad que tienen los estudiantes universitarios de dos versiones de objetos producidos en RV sobre un mismo contenido, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, para contrastar las siguientes hipótesis:

H0: No existen diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas por los estudiantes a ambas versiones con un riesgo alfa de equivocarnos de ,05.

H1: Si existen diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas por los estudiantes a ambas versiones con un riesgo alfa de equivocarnos de 05.

En la tabla 5 se presentan los resultados alcanzados.

Tabla 5

U de Mann-Whitney para la puntuación obtenida en la SUS

U de Mann-Whitney	9239,000
W de Wilcoxon	13895,000
Z	-2,431
Sig.asin. (bilateral)	,015

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de esta prueba indicaron un valor U de Mann-Whitney de 9239,000, con un valor Z de -2,431. Valor que permitía rechazar la H0 $p \leq 0,01$. En consecuencia, se puede indicar que si existían diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas por los estudiantes a ambas versiones de los objetos en RV producidos.

Para conocer a favor de qué versión se daban las puntuaciones más elevadas, aplicamos la prueba de rango, obteniéndose los valores presentados en la tabla 6.

Tabla 6

Análisis de rangos promedio para ambas versiones del objeto

Versión	N	Rango promedio	Suma de rangos
1	232	172,68	40061,00
2	96	144,74	13895,00
	328		

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos promedios alcanzados permiten señalar que los estudiantes valoraron con mayor usabilidad la versión 1 que la 2.

3.3. Percepción de aspectos técnicos y estéticos

La última sección del cuestionario tenía como objetivo recopilar información sobre las valoraciones realizadas por los estudiantes en distintas dimensiones relacionadas con los aspectos técnicos y estéticos de los objetos. En la tabla 7 se muestran los valores medios y desviaciones típicas obtenidas para ambas versiones.

Tabla 7

Valoraciones realizadas por los estudiantes en relación a aspectos técnicos y estéticos

Ítems	Versión 1		Versión 2	
	M	D.Tp	M	D.Tp
a) La calidad técnica del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	7,78	1,90	7,47	2,03
b) El funcionamiento técnico del programa lo calificarías de:	7,48	2,03	7,06	2,23
c) La calidad estética del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	8,19	1,96	8,29	1,65
d) La facilidad de manejo del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	8,37	1,74	8,12	1,70
e) La utilidad educativa/social de este tipo de recursos con el que has interaccionado la valorarías de:	8,38	1,60	8,48	1,47

Nota: (M=media – D.tp=Desviación típica).

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la tabla, las puntuaciones que se han obtenido en todas las dimensiones superan ampliamente el valor central de la escala, que sería un valor de 5. Ambas versiones han obtenido puntuaciones cercanas, sin embargo, la versión 1 ha obtenido mayor puntuación en los ítems “a” (7,78), “b” (7,48) y “d” (8,37).

3.4. Diferencias significativas en la percepción de aspectos técnicos y estéticos

Con el objetivo de analizar si hay diferencias significativas entre las valoraciones de ambas versiones, formulamos la H0 que hacía referencia a la no existencia de diferencias significativa a $p \leq 0,05$ y la H1 que indicaba lo contrario.

Los valores U de Mann-Whitney alcanzados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

U de Mann-Whitney para aspectos técnicos y estéticos.

Ítems	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig.
La calidad técnica del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	10063,500	14719,500	-1,399	,162
El funcionamiento técnico del programa lo calificarías de:	9902,500	14558,500	-1,601	,109
La calidad estética del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	10748,000	15404,000	-,510	,610
La facilidad de manejo del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	9884,000	14540,000	-1,646	,100
La utilidad educativa/social de este tipo de recursos con el que has interaccionado la valorarías de:	11079,500	38107,500	-,074	,941

Fuente: Elaboración propia

Los valores encontrados no permiten rechazar ninguna de las H0 formuladas, y en consecuencia indicar que ambas versiones fueron valoradas de manera similar por los estudiantes.

3.5. Diferencias en función del centro educativo respecto a la percepción de usabilidad

Con el objetivo de analizar si existían diferencias en la percepción de usabilidad de objetos producidos en RV según el centro educativo, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Esta prueba se utilizó para contrastar la hipótesis nula (H0), que plantea la no existencia de diferencias significativas, y la hipótesis alternativa (H1), que sugiere la existencia de dichas diferencias. (tabla 9).

Tabla 9

U de Mann-Whitney para el centro educativo

U de Mann-Whitney	9239,000
W de Wilcoxon	13895,000
Z	-2,431
Sig.asin. (bilateral)	,015

Fuente: Elaboración propia.

El valor alcanzado permite rechazar la H0 al nivel de significación de $p \leq 0,05$. En consecuencia, se puede señalar que se dieron diferencias entre ambas versiones. Y para ver a favor de quién se daban tales diferencias se aplicó de nuevo la prueba de rango — Tabla 10—.

Tabla 10

Análisis de rangos promedio para ambos centros educativos

Centro Educativo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Facultad de CC de la Educación	236	155,68	36740,50
Facultad de Comunicación	87	179,14	15585,50
	323		

Fuente: Elaboración propia

Los valores encontrados señalan que fueron los estudiantes de la Facultad de Comunicación los que valoraron de forma más significativa los diferentes aspectos técnicos y estéticos de los objetos.

3.6. Diferencias en función del centro educativo respecto a la percepción de los diferentes aspectos técnicos y estéticos

Para analizar si existen diferencias en función del centro educativo respecto a la percepción de los diferentes aspectos técnicos y estéticos de objetos de RE, se aplicaron varias pruebas U de Mann-Whitney como se observa en la tabla 11:

Tabla 11

U de Mann-Whitney para aspectos técnicos y estéticos según el centro educativo.

Ítems	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig.
La calidad técnica del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	8889,000	12717,000	-1,885	,059
El funcionamiento técnico del programa lo calificarías de:	10115,500	38081,000	-,206	,837
La calidad estética del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	8574,500	12402,500	-2,331	,020
La facilidad de manejo del recurso con el que has interaccionado la valorarías de:	10166,000	38132,000	-,138	,890
La utilidad educativa/social de este tipo de recursos con el que has interaccionado la valorarías de:	9240,500	37206,500	-1,417	,157

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para los diferentes aspectos indicados solo permiten rechazar la H0 en el caso de “la calidad estética del recurso con el que han interaccionado la valorarías de”, a un nivel de $p \leq 0,05$. Y de nuevo, para saber en qué grupo se daban las diferencias, se aplicó la prueba de rangos.

Tabla 12

Análisis de rangos promedio para ambos centros educativos

Centro Educativo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Facultad de CC de la Educación	236	169,17	39923,50
Facultad de Comunicación	87	142,56	12402,50
	323		

Fuente: Elaboración propia

En este caso los valores alcanzados indican que las puntuaciones más elevadas fueron asignadas por los estudiantes de la facultad de ciencias de la educación.

3.7. Análisis de nubes de palabras en función de los adjetivos otorgados por los estudiantes para cada versión

A continuación, se analizan las nubes de palabras generadas a partir de los adjetivos asignados por los estudiantes a cada versión del mismo objeto de RV. Con esta información se pretende complementar los resultados previamente obtenidos sobre los aspectos técnicos, estéticos y de usabilidad de dicho objeto.

En la figura 7 se presenta la nube de palabras generadas con la V1.

Figura 7
Nube de palabras V1



Fuente: Elaboración propia

Las palabras más destacadas en la nube de palabras de la versión 1 son: interesante, útil, fácil, didáctico, innovador, educativo, curioso, entretenido, visual, e intuitivo. Y con un volumen menos de referencia aparecen: sencillo, atractivo, lento y complejo.

La palabra “interesante” aparece con gran frecuencia, indicando que los estudiantes encontraron el material atractivo. Otros adjetivos como “útil”, “didáctico”, “educativo” y “fácil” sugieren que el objeto es valioso y accesible. También las palabras “innovador” y “curioso” denotan una percepción de novedad y originalidad en el objeto. Por último, “entretenido”, “visual” e “intuitivo” indican una experiencia agradable y fácil de seguir. Sin embargo, palabras más negativas como “lento” o “complejo”, aunque aparecen con menor frecuencia, señalan posibles problemas de rendimiento y dificultades en el manejo del objeto.

En la figura 8, se presenta la nube de palabras generadas con los adjetivos señalados para la versión 2 del programa.

Figura 8
Nube de palabras V2



Fuente: Elaboración propia

Las palabras más destacadas en la nube de palabras para la Versión 2 son: interesante, educativo, interactivo, divertido, dinámico, innovador, útil, curioso, atractivo, eficaz. Y con menos frecuencia de aparición también aparecieron: difícil, llamativo, emocionante y problemas técnicos.

Al igual que la versión 1, las palabras “interesante” y “educativo” son prominentes, indicando una percepción positiva del contenido. Adjetivos como “interactivo”, “divertido”, “dinámico” e “innovador” sugieren que los estudiantes apreciaron la interactividad y la innovación del objeto. Otros como “útil”, “eficaz” y “curioso” muestran que el objeto fue percibido como beneficioso y original. Por último, “atractivo” y “emocionante” destacan una experiencia visualmente agradable y estimulante. Esta versión también ha recibido alguna palabra negativa como “difícil” y la mención de “problemas técnicos”, que indican desafíos en el uso y rendimiento del objeto.

Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos en la escala SUS de ambas versiones y los adjetivos con los que se han calificado las mismas observamos que:

La Versión 1 obtuvo mejores puntuaciones en la Escala SUS, lo cual se refleja en las nubes de palabras con términos como “sencillo”, “fácil”, y “intuitivo”. Mientras que la Versión 2, aunque también es vista como “interesante” y “educativa”, tiene palabras como “difícil” y menciones frecuentes de problemas técnicos, corroborando las puntuaciones más bajas en algunos ítems de usabilidad.

Con respecto a los aspectos técnicos y estéticos, ambos grupos destacaron aspectos positivos como “interesante”, “educativo”, y “útil”. Sin embargo, la Versión 2 presentó más problemas técnicos, reflejados en palabras como “no funcionaba correctamente” y “problemas técnicos”, alineándose con los hallazgos cuantitativos donde no se encontraron diferencias significativas en la percepción de estos aspectos entre las dos versiones.

En definitiva, ambas versiones son valoradas positivamente por su contenido educativo e innovación, aunque la versión 1 es preferida por su mejor rendimiento técnico y facilidad de uso. Pero en ambos se destacan los términos: interesante, innovador y educativo.

4. CONCLUSIONES

El objetivo general del estudio era determinar la percepción de usabilidad y la valoración de los aspectos técnicos y estéticos del objeto de RV desde la perspectiva de los estudiantes. Los resultados indican que ambas versiones del objeto fueron evaluadas positivamente en términos de usabilidad, alcanzando puntuaciones altas en la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), lo que sugiere un nivel adecuado de uso para fines educativos. Estos resultados son coherentes con estudios previos que señalan que los estudiantes suelen valorar positivamente las herramientas tecnológicas que combinan funcionalidad con facilidad de uso (Lewis, 2018).

En cuanto al primer objetivo específico, que buscaba comparar la percepción de usabilidad entre las dos versiones se desprende que las dos versiones han sido valoradas de forma muy alta y positiva en lo que respecta a su usabilidad. Aunque la versión que incorporaba diferentes elementos adicionales para facilitar la contextualización de la información, como música para hacer más llamativo el itinerario, variación de los estímulos, modificación de la ubicación de los “puntos calientes” como llamadas de atención y evitar el aburrimiento, y la redundancia de la información mediante imágenes y sonidos, recibió mejores valoraciones por parte de los estudiantes. Dato que se percibe como robusto, puesto que se obtuvieron independientemente de la universidad a la que pertenecían los estudiantes y los estudios que realizaban. La superioridad de la versión 1 en términos de usabilidad sugiere que aspectos como la facilidad de uso y la integración intuitiva de funciones son determinantes para los usuarios. Esto se alinea con estudios previos que destacan la importancia de la usabilidad en la adopción de nuevas tecnologías educativas (Lewis, 2018; Gronier y Baudet, 2021).

En cuanto al segundo objetivo específico, comparar aspectos técnicos y estéticos entre ambas versiones, aunque no se han encontrado diferencias significativas, las ligeras ventajas de la versión 1 en cuanto a calidad técnica y facilidad de manejo, indican que incluso pequeñas mejoras en los aspectos pueden influir de forma positiva en la percepción de usuario. Al darse una percepción positiva de los estudiantes hacia ambas versiones se resalta el potencial de la RV para enriquecer experiencias de aprendizaje, proporcionando entornos más atractivos e inmersivos (Radianti et al., 2020; Fromm et al., 2021).

En relación con el tercer y cuarto de los objetivos específicos, que se proponían determinar si existen diferencias significativas en la percepción de usabilidad y la valoración de aspectos técnicos y estéticos según el centro educativo, los resultados indicaron que, si bien no hubo diferencias significativas en términos generales, los estudiantes de la Facultad de Comunicación otorgaron mayores valoraciones de usabilidad. Las diferencias que se observan en función del centro educativo sugieren que factores contextuales y demográficos pueden influir en la percepción y el uso de las tecnologías de RV. Los estudiantes de la Facultad de Comunicación, por ejemplo, podrían estar más familiarizados con herramientas tecnológicas avanzadas, lo que explicaría su mayor valoración a la usabilidad. Este hallazgo sugiere la necesidad de adaptar la formación y el soporte técnico según las características y necesidades específicas de cada grupo de usuarios (Cabero et al., 2022a; Cabero et al., 2022b).

Lo señalado anteriormente sugiere la actitud positiva que esta tecnología despierta en los estudiantes, hallazgo que coincide con lo alcanzado por otros investigadores (Lee y Shea, 2020; Espinoza-Castro et al., 2024; Valero-Franco y Berns, 2024).

Los resultados de las nubes de palabras ofrecen una visión cualitativa complementaria sobre la percepción de los estudiantes. Palabras como “interesante”, “educativo” e “innovador” reflejan una aceptación positiva general, mientras que términos como “lento” y “problemas técnicos” subrayan áreas de mejora necesarias. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar tanto la retroalimentación cuantitativa como cualitativa para realizar mejoras continuas en el diseño de este tipo de objetos (Campos Soto et al. 2020).

Se han detectado varias limitaciones que deben ser tenidas en cuenta, tanto para una correcta interpretación de los resultados como para la realización de futuros trabajos. La primera de ellas se refiere al tipo de muestreo utilizado, por ello sería conveniente su replicación con sujetos extraídos por procedimientos aleatorios. Una segunda limitación se refiere al uso de instrumentos de autopercepción por parte de los estudiantes, lo cual conlleva limitaciones inherentes (Del Valle y Zamora, 2022). Y una tercera, es que la calidad de la conexión wifi, que pudo haber influido en el rendimiento de la versión 2, afectando la percepción de los estudiantes sobre su usabilidad y el rendimiento de la versión 2, especialmente en términos de velocidad y estabilidad. Esto se refleja en las nubes de palabras, donde algunos participantes calificaron el objeto como “lento”. Las limitaciones en la infraestructura tecnológica pueden haber afectado negativamente la experiencia de los participantes y, por ende, sus evaluaciones.

La investigación ofrece varias líneas para futuros estudios. Una primera recomendación sería replicar el estudio utilizando objetos de aprendizaje con contenidos más formalizados académicamente de otras disciplinas. También sería útil explorar nuevos elementos diferenciadores en los objetos producidos, como exámenes o sumarios, además de realizar estudios con versiones de RV inmersivas. Finalmente, la integración de métodos cualitativos, como entrevistas o grupos nominales, proporcionaría un análisis más profundo de la experiencia del usuario.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES.: Julio Cabero Almenara (Dirección del proceso investigativo, análisis estadísticos, y redacción del artículo), María Miravete Gracia (Participación en las diversas etapas del estudio, redacción, elaboración objeto de aprendizaje y procesamiento de datos), Manuel Serrano Hidalgo (Elaboración de los objetos de aprendizaje y redacción del artículo) y Trinidad Núñez Domínguez (Diseño del objeto de aprendizaje y revisión del artículo).

FINANCIACIÓN: Este estudio ha recibido financiamiento a través del Programa Estatal para *Promover la Investigación Científica y Tecnológica y su Transferencia, dentro del marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023*. Ministerio de Ciencia e Innovación. Número de referencia: PID2022-136430OB-I00.

*Los autores han informado a los participantes de la investigación y ellos han dado el consentimiento de participar en él

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alpizar, D., Adesope, O. O., y Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2095–2119. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09748-7>

- Banjar, A., Xu, X., Iqbal, Z. y Campbell, A. (2023). A systematic review of the experimental studies on the effectiveness of mixed reality in higher education between 2017 and 2021. *Computers & Education: X Reality*, 3, 100034, <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100034>
- Barroso, J., Cabero, J., y Llorente, C. (2015). El diseño, la producción y la evaluación de TIC aplicadas a los procesos de enseñanza-aprendizaje. En J. Cabero y J. Barroso (Coords.), *Nuevos retos en tecnología educativa* (pp. 69-85). Síntesis.
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. En P. Jordan, B. Thomas, y B. Weerdmeester (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., y Grajek, S. (2020). 2020 *EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition*. EDUCAUSE. <https://eric.ed.gov/?id=ED607329>.
- Cabero, J., y Llorente, C. (2023). Tecnologías y metodologías emergentes. En C. Llorente y J. J. Gutiérrez (Coords.), *Tecnologías emergentes y pedagogía de la innovación* (pp. 11-24). Dykinson.
- Cabero-Almenara, J., De-La-Portilla, F., Barroso-Osuna, J., y Palacios-Rodríguez, A. (2023). Health Sciences: Improving the Motivation and Performance of Medical Students with Immersive Reality. *Applied Sciences*, 13(1), 8420. <https://doi.org/10.3390/app13148420>
- Cabero-Almenara, J., Llorente Cejudo, M. C., y Gutiérrez-Castillo, J. J. (2017). *Los alumnos como evaluadores de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada. RED. Revista de Educación a Distancia*, (53), 1-17. <https://doi.org/10.6018/red/53/4>
- Cabero-Almenara, J., Llorente-Cejudo, C., y Martínez-Roig, R. (2022). *The use of mixed, augmented and virtual reality in history of art teaching: A case study. Applied System Innovation*, 5(3). 44. <https://doi.org/10.3390/asi5030044>
- Cabero-Almenara, J., Serrano-Hidalgo, M., Palacios-Rodríguez, A., y Llorente-Cejudo, C. (2022). El alumnado universitario como evaluador de materiales educativos en formato t-MOOC para el desarrollo de la Competencia Digital Docente según DigCompEdu. Comparación con juicio de expertos. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (81), 1-17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.81.2503>
- Campos Soto, M. N., Navas-Parejo, M. y Moreno, A.J. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *Alteridad. Revista de Educación*, 15(1), 47-62. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>
- Chen, Y., Li, M., y Cukurova, M. (2024). Unleashing imagination: an effective pedagogical approach to integrate into spherical video-based virtual reality to improve students’ creative writing. *Education and Information Technologies*, 29, 6499–6523. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12115-7>
- Christopoulos, A., Pellas, N., Qusheh, U., y Laakso, M. (2023). Comparing the effectiveness of video and stereoscopic 360° virtual reality-supported instruction in high school biology courses. *British Journal of Educational Technology*, 54, 987–1005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13306.CorrCorregido>
- Conrad, M., Kablitz, D. y Schumann, S. (2024). Learning effectiveness of immersive virtual reality in education and training: A systematic review of findings.

- Computers y Education: X Reality*, 4.
<https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100053>
- Del Valle, M., y Zamora, L. (2022). El uso de las medidas de auto-informe: ventajas y limitaciones en la investigación en Psicología. *Alternativas Psicológicas*, 47, 22-35.
- Devin, F. (2017). Sistema de Escalas de Usabilidad: ¿qué es y para qué sirve? *UUXpañol*.
<https://acortar.link/TorfBD>
- Espinoza-Castro, K. E., Plaza-Chalco, J. L., Bravo-Guzhñay, B. F. y Mogrovejo-Mogrovejo, E. M. (2024). Realidad Virtual y educación: retos y propuestas desde actores educativos del bachillerato público en Ecuador. *Atenas*, 62, 1-13.
- Fromm, J., Radianti, J., Wehking, C., Stieglitz, S., Majchrzak, T. A., y vom Brocke, J. (2021). More than experience? - On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle. *The Internet and Higher Education*, 50, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100804>
- Gimeno, S. (2018). Cinco formas de interpretar un SUS. *Torresburriel*.
<https://torresburriel.com/weblog/cinco-formas-de-interpretar-un-sus/>.
- González, H., Moreno, Y. y Pincheira, M. (2024). Realidad virtual inmersiva como complemento en la educación odontológica: un proceso de implementación para la docencia. *Educación Médica*, 25, 100931,
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100931>
- Gronier, G., y Baudet, A. (2021). Psychometric Evaluation of the F-SUS: Creation and Validation of the French Version of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 37(16), 1571-1582.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1898828>
- Herranz, J., Caerolds, M., y Sidorenko, P. (2019). La realidad virtual y el vídeo 360º en la comunicación empresarial e institucional. *Revista de Comunicación*, 18(2), 177-199.
- Kartiko, I., Kavakli, M., y Cheng, K. (2010). Learning science in a virtual reality application: The impacts of animated-virtual actors' visual complexity. *Computers y Education*, 55, 881-891.
- Lai, J. W., y Cheong, K. H. (2022). Adoption of Virtual and Augmented Reality for Mathematics Education: A Scoping Review. *IEEE Access*, 10, 13693-13703.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3145991>
- Lee, D. y Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 163-177.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1726234>
- Lewis, J. (2018). The System Usability Scale: Past, Present, and Future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(7), 577-590.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- Liu, Z., Zhang, W., y Hu, L. (2024). Can desktop virtual reality effectively enhance academic achievement? A meta-analysis. *Innovations in Education and Teaching International*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2354753>
- López-Belmonte, J., Dúo-Terrón, P., Moreno-Guerrero, A.-J., y Marín-Marín, J.-A. (2024). Efectos de la realidad aumentada y virtual en estudiantes con TEA.

- Pixel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, (70), 7-23
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.103789>.
- Makrasky, G., Terkildsen, T., y Mayer, R. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Marín, V., Sampedro, B., y Vega, E. (2022). Promoviendo el aprendizaje a través del uso de videos en 360°. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 8(2), 138-151.
<https://doi.org/10.24310/innoeduca.2022.v8i2.15120>
- Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning. Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85–139.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, R., Makrasky, G., y Parong, J. (2023). The Promise and Pitfalls of Learning in Immersive Virtual Reality. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(11), 2229-2238.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2108563>
- Mulders, M., Buchner, J., y Kerres, M. (2020). A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(24), 208-224.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615>
- O'Dwyer, L., y Bernauer, J. A. (2014). *Quantitative research for the qualitative researcher*. Sage.
- Parong, J., y Mayer, R. E. (2021). Learning about history in immersive virtual reality: does immersion facilitate learning? *Education Tech Research Dev*, 69, 1433–1451. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09999-y>
- Pedrosa, M. (2022). ¿La usabilidad puede medirse? Escala SUS y test de usuario. *Flat101*.
<https://acortar.link/bh68t1>
- Radianti, J., Majchrzak, T., Fromm, J., y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers y Education*, 147, 1-29.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rauschnabel, F., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., y Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Torres, D. (2018). *Usabilidad. Deja de sufrir*. Anaya Multimedia.
- Valero-Franco, C., y Berns, A. (2024). Desarrollo de apps de realidad virtual y aumentada para enseñanza de idiomas: Un estudio de caso. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 163-185.
<https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37668>
- Wang, J., Ma, Q., y Wei, X. (2023). The Application of Extended Reality Technology in Architectural Design: A review. *Buildings*, 13, 2931.
<https://doi.org/10.3390/buildings13122931>
- Zilles, E. (2020). Audiovisuales ampliados en la realidad virtual: inmersión, multisensorial y escenarios 360°. *Sphera Publica*, 1(20), 78–94.
<https://acortar.link/pDRPGW>