

La evaluación de objetos de realidad mixta por expertos y estudiantes: estudio comparativo

The evaluation of mixed reality objects by experts and students: a comparative study

Julio Cabero-Almenara
Universidad de Sevilla
cabero@us.es

Antonio León-Garrido
Universidad de Sevilla
aleon@us.es

Julio Barroso-Osuna
Universidad de Sevilla
jbarroso@us.es

Raquel Barragán-Sánchez
Universidad de Sevilla
rbarragan@us.es

RESUMEN

La investigación se centró de forma generalizada en analizar y comparar la percepción de usabilidad, así como los aspectos técnicos y estéticos de los objetos de aprendizaje producidos en Realidad Extendida (RE), según las opiniones de estudiantes y expertos, evaluando las posibles diferencias significativas entre ambos grupos en su valoración de dichos objetos. Los instrumentos de recogida de datos fueron el System Usability Scale (SUS) a fin de medir la usabilidad y un cuestionario para medir los aspectos técnicos y estéticos. Los resultados indicaron que los expertos valoraron más positivamente la usabilidad y los aspectos técnicos y estéticos de los objetos de RE que los estudiantes. Además, la escala de SUS obtuvo una puntuación media de 74,03 para los estudiantes y 79,56 para los expertos. En cuanto a los aspectos técnicos y estéticos, los expertos otorgaron puntuaciones más elevadas.

PALABRAS CLAVES: realidad virtual, aprendizaje virtual, evaluación, tecnología educativa, educación virtual, realidad extendida.

ABSTRACT

The present research focused in a generalized way on analyzing and comparing the perception of usability, as well as the technical and aesthetic aspects of the learning objects produced in Extended Reality (ER), according to the opinions of students and experts, evaluating the possible significant differences between both groups in their evaluation of these objects. The instruments for data collection were the System Usability Scale (SUS) to measure usability and a questionnaire to measure technical and aesthetic aspects. The results

indicated that the experts valued the usability and the technical and aesthetic aspects of the RE objects more positively than the students. In addition, the SUS scale obtained an average score of 74.03 for students and 79.56 for experts. In terms of technical and aesthetic aspects, the experts gave higher scores.

KEY WORDS: virtual reality, virtual learning, assessment, educational technology, virtual education, extended reality.

1.- LA REALIDAD MIXTA

Actualmente, diversas tecnologías emergentes están incursionando en el ámbito educativo. Según Cabero y Llorente (2023), estas tecnologías se caracterizan por ser herramientas e innovaciones metodológicas, asumir sobre ellas unas expectativas bastante altas sobre sus posibilidades y tener un potencial disruptivo significativo. Entre estas tecnologías destacan la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV) y la realidad extendida (RE).

En cuanto a sus definiciones, la RA superpone elementos virtuales sobre el mundo real, enriqueciendo la percepción del entorno sin aislar al usuario de su contexto físico (Cabero y Barroso, 2016). La RV, por su parte, combina hardware y software para crear una ilusión sensorial completa de presencia en un entorno digital, promoviendo una experiencia inmersiva en la que el usuario se sumerge en un entorno virtual (Lai y Cheong, 2022).

También en la RV, se han establecido diferentes divisiones, así Lai y Cheong (2022) la clasifican en tres grandes categorías:

- RV no inmersiva: La forma más común, que utiliza sensores de movimiento para traducir los movimientos que realiza la persona en un mundo virtual.
- RV semiinmersiva: Proporciona un entorno parcialmente virtual, comúnmente utilizado para entrenamiento y educación, como en simuladores de vuelo.
- RV completamente inmersiva: Ofrece la experiencia más realista posible mediante visores especiales que proporcionan contenido sensorial con un amplio campo de visión.

Al mismo tiempo, como señalan Mulders et al. (2020), también se pueden diferenciar dos grandes formas de utilización:

- a) La RV de baja inmersión, que utiliza dispositivos convencionales como ratón y teclado.
- b) Y RV de alta inmersión, que emplea dispositivos como los visualizadores montados en la cabeza (HMD).

Por otra parte, al hablar de la RE, también conocida como realidad mixta, se habla de una tecnología que fusiona elementos de la RA y la RV, permitiendo la creación de objetos virtuales con los que los usuarios pueden interactuar en un entorno tridimensional.

Esta tecnología combina la inmersión de la RV con la superposición de contenidos virtuales de la RA, ofreciendo nuevas posibilidades para la interacción y experiencia del usuario en entornos digitales.

En síntesis, y como señalan Brown et al. (2020), la RE se puede considerar como una tecnología que combinan lo físico con lo virtual o brindan experiencias virtuales completamente inmersivas. Las tecnologías más comunes son la RA y la RV; la primera superpone objetos físicos con contenido virtual, mientras que la segunda ofrece una experiencia más inmersiva mediante la manipulación e interacción con objetos virtuales en un entorno completamente digital.

Wang et al. (2023) resumen en la Figura 1 las diferencias en las características de interacción de estas tecnologías.

Figura 1.

Identificación de la capacidad de interacción tecnológica.



Nota: fuente obtenida de Ke et al. (2019, 755)

El impacto de las tecnologías de RV y RE en el ámbito educativo se refleja en el creciente número de metaanálisis realizados sobre su aplicación (AlGerafi, et al., 2023; Banjar, et al., 2023; Conrad et al., 2024; González et al., 2024; Liu et al., 2024; Victoria Maldonado, et al., 2024; Huang, Chen & Tseng, 2025). Metaanálisis que sugieren que la RV tiene un impacto positivo en el aprendizaje en comparación con otros tipos de medios; que sus resultados son más significativos en entornos de aprendizaje que priorizan la participación activa de los estudiantes y la aplicación práctica, como la manipulación activa y la creación constructiva; que los estudiantes suelen tener actitudes positivas hacia

su utilización; y que el diseño utilizado para la producción de estos objetos de aprendizaje influye significativamente en el aprendizaje.

Por lo que se refiere al diseño, se llama la atención respecto a la aplicación de los principios de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, formulada por Mayer (2002 y 2021). Teoría que de acuerdo con Mulders et al. (2020), se basa en varios principios clave: reducir el procesamiento superfluo eliminando elementos que puedan distraer al estudiante, aplicar el principio de redundancia para evitar la sobrecarga de información, utilizar señalizaciones para guiar la atención del estudiante, y el principio de modalidad, que sugiere que es más efectivo presentar imágenes con texto hablado en lugar de escrito, mejorando así el aprendizaje.

Además, es importante considerar el principio de segmentación, que recomienda dividir contenidos complejos en unidades de aprendizaje más pequeñas y diseñar el material de manera que fomente la actividad del estudiante (Alpizar et al., 2020; Mulders et al., 2020; Mayer et al., 2023). Estos principios deben aplicarse con especial cuidado al desarrollar materiales en formatos de RA y RV, ya que, según Parong y Mayer (2021), estos materiales tienden a inducir una mayor excitación emocional, lo que puede llevar a los estudiantes a participar en actividades más lúdicas en lugar de formativas (Makransky et al., 2019; Parong y Mayer, 2021; Mayer et al., 2023).

Aspecto este último de importante consideración cuando se diseñan estos objetos de aprendizaje. Un aspecto fundamental en la integración de estos objetos en acciones formativas es su diseño y las variables que se pueden movilizar, especialmente cuando están destinados a personas con necesidades y características específicas (Ausín Villaverde et al., 2023; López-Belmonte et al., 2024).

En cuanto a la señalización y guía en objetos de RV, esto puede lograrse mediante la incorporación de “puntos calientes” que proporcionan información adicional en diversos formatos, como imágenes fijas, clips de vídeo, animaciones o podcasts de audio (Alpizar et al., 2020; Li et al., 2025). También se pueden utilizar flechas para sugerir desplazamientos, orientando al estudiante en su interacción con el contenido.

La incorporación de vídeos en formato 360° ha demostrado ser eficaz (Cabero-Almenara et al., 2023; Chen et al., 2024; Christopoulos et al., 2023;). Este recurso se está integrando cada vez más en los objetos de RV (Herranz de la Casa et al., 2019; Marín et al., 2022), aunque, como señala Zilles Borba (2020), “el contenido en 360° no es la RV en sí. La RV es una interfaz (el dispositivo, la plataforma, el medio), mientras que los formatos de contenido en este medio son los vídeos e imágenes 3D desarrollados en espacios 360°”.

En resumen, 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. Estos elementos han sido utilizados en la investigación para diferenciar las versiones producidas.

Estos principios de diseño se han considerado a la hora de producir los objetos que serán evaluados en esta investigación, pues son de significación para predecir la usabilidad del sistema. Como han puesto de manifiesto Fink, Eisenlauer & Ertl (2023), la facilidad de uso, la utilidad, la presencia y la carga extraña predicen la usabilidad del sistema.

2.- METODOLOGÍA

La investigación realizada es de tipo experimental, donde se contrasta la valoración realizada por dos colectivos, estudiantes y expertos, de un mismo objeto tecnológico. En él se utilizan dos tipos de estrategias evaluativas: la realizada por expertos y la efectuada por los usuarios (Barroso et al., 2015).

2.1. Objetivos de la investigación

Los objetivos que se persiguen en la investigación se declaran en los siguientes términos:

- Analizar el índice de fiabilidad del instrumento.
- Analizar la percepción de usabilidad que tienen los estudiantes y los expertos sobre objetos de aprendizaje producidos en RE.
- Analizar la percepción que sobre diferentes aspectos técnicos y estéticos tienen los estudiantes y los expertos sobre objetos de aprendizaje producidos en RE.
- Analizar si existen diferencias significativas entre las percepciones que tienen los estudiantes y los expertos sobre objetos de aprendizaje producidos en RE respecto a su usabilidad.
- Analizar si existen diferencias significativas entre las percepciones que tienen los estudiantes y los expertos sobre objetos de aprendizaje producidos en RE, respecto a diferentes aspectos técnicos y estéticos del objeto en RE producido.

2.2. La muestra de la investigación

El estudio estuvo compuesto por dos grupos diferenciados: 467 estudiantes que cursaban los estudios de educación y comunicación, y 127 expertos en el terreno de la Tecnología Educativa y aplicación educativa de las TIC, de los cuales el 77,2 % poseían el título de doctor, el 12,6 % el de máster el 12,6 %, y 6,3 % el de licenciado 6,3 %, mientras que el 3,9 % poseían otros estudios. Del cómputo total, el 86,6% eran docentes en la universidad relacionado con las líneas de investigación de tecnología educativa, mientras que el resto eran docentes en centros de estudios no universitarios y empresas relacionadas con la formación y producción de tecnología. De hecho, el 96,1 % ha estado impartido la asignatura de Tecnología Educativa o bien Nuevas Tecnologías Aplicadas a

la Educación en los últimos años, dirigiendo proyectos de investigación relacionados con el e-learning y el m-learning el 95, 3%. Además, el 76,4 % ha impartido a lo largo de su vida profesional contenidos relacionados con la materia de Realidad Mixta.

La distribución por género fue equitativamente, ya que el 51 % de los participantes eran masculinos, mientras que el 49 % eran femeninos, ofreciendo de esta forma una perspectiva inclusiva sobre la percepción de usabilidad y calidad del sistema.

2.3 Instrumento de evaluación

El instrumento de recogida de datos que se utilizó estaba conformado por dos grandes apartados, uno presentaba el “System Usability Sacle” (SUS), es decir, el sistema de evaluación de la usabilidad, mientras que el segundo, incorporaba un instrumento pretendía analizar cinco grandes dimensiones: calidad técnica (EV1), facilidad de manejo (EV2), Percepción de Complejidad (EV3), calidad estética (EV4), y, por último, la calidad educativa/social (EV5).

La escala SUS está conformada por diez ítems, que persiguen estudiar la facilidad de uso, la complejidad, la consistencia y la seguridad del sistema, siendo una herramienta sencilla pero eficaz para medir la experiencia del usuario, proporcionando una evaluación cuantitativa rápida y efectiva de la usabilidad de un sistema (Brooke, 1995; Sauro y Lewis, 2012). Hay que señalar que el instrumento es uno de los más utilizados para analizar la usabilidad de un sistema tecnológico (Gronier & Baudet, 2021; Lewis, 2018). Y se ha aplicado en algunos casos para la evaluación de objetos producidos en RV (Huang et al., 2021; Othman, et al., 2022).

Para calcular la puntuación del SUS, a los ítems impares se le resta 1 a las respuestas del usuario y a los ítems pares se les resta la respuesta del usuario a 5. Posteriormente, el resultado de la suma se multiplica por 2.5 para obtener una puntuación final de SUS y que estará compuesta entre 0 y 100 (Devin, 2017). Para que un recurso tecnológico sea considerado con un nivel adecuado de usabilidad, debe obtener una puntuación superior a 68 (Gimeno Artigas, 2018; Pedrosa, 2022).

Hay que indicar que las dos partes del instrumento tenían una forma de construcción tipo Likert, la primera con cinco opciones de respuesta (muy negativo/muy en desacuerdo – muy positivo/muy acuerdo) y la segunda de uno a diez, donde uno es “totalmente en desacuerdo” y diez “totalmente de acuerdo”.

Los instrumentos fueron administrados de forma diferentes. En el primero de los casos, se llevó a cabo una clase teórica-práctica sobre la importancia de la realidad mixta aplicada en la educación. Posteriormente, los participantes fueron expuestos al objeto de aprendizaje elaborado. Una vez finalizada la experiencia le fue administrado vía internet el cuestionario anteriormente indicado.

A los expertos se les envió dos direcciones, una para que pudieran acceder al objeto de aprendizaje producido y otra para la cumplimentación del cuestionario. Para la selección definitiva de los expertos, se aplicó el “coeficiente de competencia experto” procedimiento que afina su selección (Cabero-Almenara y Barroso-Osuna, 2013; León-Garrido et al., 2024).

Los datos fueron recogidos en el programa estadístico SPSS v. 29, con el cual se realizó el análisis de fiabilidad a fin de conocer la confiabilidad del estudio, un análisis estadísticos-descriptivos para identificar las diferencias en las percepciones entre los grupos de participantes. Debido a que, los datos no presentaban una distribución normal (confirmado por la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk) se optó por utilizar pruebas no paramétricas. Para ello, se empleó la prueba U de Mann-Whitney, la cual fue ideal para comparar los dos grupos independientes a fin de estudiar las diferencias significativas, y, por último, d de Cohen (tamaño del efecto).

La hipótesis nula (H0) que se formularon hacían referencia a la no existencia de diferencias significativas con un riesgo alfa de equivocación del .05, entre las valoraciones efectuadas del objeto de aprendizaje por los expertos y los estudiantes.

2.4. El objeto producido

El objeto de aprendizaje producido en formato RE, se denomina “Científicas en el callejero de Sevilla. Visita con Realidad Virtual” y estaba dividido en tres secciones, cada una dedicada a honrar a las mujeres a quienes la corporación municipal de Sevilla ha otorgado calles y parques. La estructura del objeto de aprendizaje, estaba dividida en tres sesiones, en la primera se presentaba una descripción detallada de la científica, acompañada de una imagen que ilustraba su figura y destacaba su actividad principal; la segunda sección se centraba en los aspectos sociales e históricos más relevantes que tuvieron lugar en Sevilla durante la vida de estas mujeres; y en la última, se incluía la fecha en la que la corporación municipal decidió concederle una calle o parque en su honor. Esta información se presentaba mientras se realizaba un recorrido por la calle o parque dedicado a cada una de las científicas presentada, ofreciendo así una experiencia inmersiva y educativa.

Las científicas que se presentaban en el objeto de aprendizaje eran: Blanca de los Ríos, Felicidad Abril de Dios, María Laffite, Carmen Martínez Sancho, Rectora Álvarez Silván, Marie Curie, Rectora Rosario Valpuesta, y Farmacéutica Margarita González. El objeto producido puede observarse en la siguiente dirección web: <https://innova01.us.es/cientificasid/>.

Para su producción se utilizaron una diversidad de programas: Krpano, Adobe Photoshop, Adobe Premiere Pro, Insta360 Studio, MyHeritage y Canva.

Hay que señalar que la experiencia se realizó, tanto en el caso de los estudiantes como los expertos, bajo la modalidad de RV de baja inmersión, es decir de escritorio. El motivo era mantener la constancia de condiciones en los dos colectivos, al no poder garantizar que todos los expertos tuvieran dispositivos especiales de visionado. De todas formas, como concluyen Liu et al. (2024) tras el metaanálisis realizado sobre investigaciones de RV de baja inmersión los hallazgos sugieren que puede mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, fomentando mejoras en sus conocimientos, emociones y habilidades.

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el proceso de investigación. En el apartado 3.1 se expondrán los datos obtenidos del instrumento SUS (escala de fiabilidad, análisis estadísticos, prueba U de Mann-Whitney, y el tamaño del efecto, y, en el apartado 3.2 los datos obtenidos con el otro instrumento (escala de fiabilidad y análisis estadísticos).

3.1 Análisis estadísticos del SUS

3.1.1 *Fiabilidad de la escala SUS*

La fiabilidad del instrumento se analizó mediante el alfa de Cronbach y la omega de McDonald, obteniéndose los valores que se presentan en la Tabla 1, tanto para en el caso de los estudiantes como de los expertos.

Tabla 1.

Fiabilidad del instrumento.

	Estudiantes	Expertos
Alfa de Cronbach	0,825	0,832
Omega de McDonald	0,830	0,850

Hay que señalar que los valores alcanzados de acuerdo indican niveles altos niveles de fiabilidad, tanto en el caso de los estudiantes como en el de los expertos (O'Dwyer y Bernauer, 2014).

3.1.2 *Análisis descriptivos*

En la Tabla 2, se recogen las medias y desviaciones típicas tanto de la globalidad de la escala SUS como de cada uno de los ítems que la integran, tanto para los estudiantes como para los expertos. De forma general, se puede indicar que la percepción de los expertos es más favorable respecto al nivel de usabilidad del objeto de aprendizaje presentado que la efectuada por los estudiantes.

Aunque el objeto fue valorado positivamente respecto a su usabilidad, tanto por los estudiantes como por los docentes. La puntuación obtenida por los expertos es superior a la ofrecida por los estudiantes.

Por lo que respecta a las puntuaciones alcanzadas en los diferentes ítems, señalar que por lo general se obtienen puntuaciones más elevadas en los expertos que en los estudiantes, solamente en tres ítems las valoraciones fueron la contraria, aunque como se verá iban en la misma lógica.

Tabla 2.

Medias y desviaciones típicas obtenidas en la evaluación de recurso con realidad mixta.

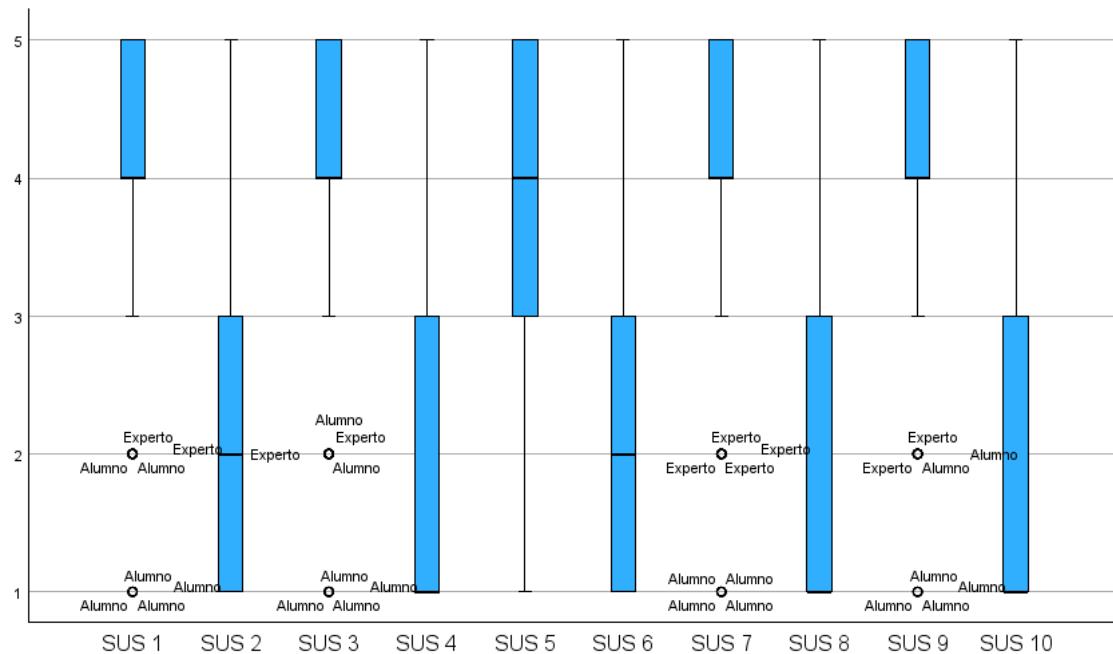
	SUS	Estudiantes		Expertos	
		Media	D. tp.	Media	D. tp.
	Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.	3,99	,936	4,46	,710
	El sistema me pareció innecesariamente complejo.	2,48	1,309	2,28	1,339
	Creo que el sistema es fácil de usar.	4,19	,937	4,50	,700
	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema.	2,09	1,349	2,06	1,361
	Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.	3,95	,902	4,30	,876
	Creo que el sistema es muy inconsistente.	2,24	1,176	1,81	1,193
	Me imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.	4,10	,979	4,31	,842
	Encuentro que el sistema es muy difícil de utilizar.	1,99	1,267	2,01	1,360
	Me sentí muy seguro usando el sistema.	4,08	,936	4,43	,792
	Necesité aprender muchas cosas antes de empezar con el sistema.	1,90	1,224	2,01	1,300

Como se observa los expertos valoran más que los estudiantes el hecho de que le gustaría utilizar este sistema con frecuencia, que es fácil de utilizar, que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas, que la mayoría de las personas aprenderían a usar el sistema muy rápidamente, y que se sienten muy seguros usando el sistema. Por el contrario, los estudiantes consideran que el sistema me pareció innecesariamente complejo, que necesitarían ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este sistema, y que el sistema es muy inconsistente.

En la Figura 2, gráficos de caja (boxplots), se visualiza los datos estadísticos obtenidos y relacionados con las evaluaciones del SUS. En esta se compara 10 categorías SUS, etiquetadas como SUS 1 hasta SUS 10, y, se muestran en una escala que oscila del 1 al 5. Se observa una dispersión moderada, y con variabilidad en las evaluaciones entre los alumnos y expertos. Algunas categorías como SUS 1, SUS, 6 y SUS 10, indica una mayor dispersión en los datos, mientras que en la SUS 5 y SUS 7 hay una menor dispersión. De forma general, se observan diferencias notables entre las respuestas de los alumnos y expertos, dado que, estos tienden a puntuar más uniforme, mientras que los alumnos son más variables.

Figura 2.

Datos estadísticos sobre las categorías SUS.



3.1.3 Prueba U de Mann-Whitney

Con el objeto de analizar si había diferencias significativas, con un riesgo alfa de equivocación del .05 entre las valoraciones realizadas por los estudiantes y los expertos, aplicamos el estadístico U de Mann-Whitney. En la Tabla 3, se presentan los resultados alcanzados.

Tabla 3.

Prueba U de Mann-Whitney.

	SUS		
U de Mann-Whitney		23827,000	
W de Wilcoxon		133105,000	
Z		-3,403	
Sig. asin. (bilateral)		<,001	
Sig. Monte Carlo (bilateral)	Sig.	<,001	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,001
Sig. Monte Carlo (unilateral)	Sig.	<,001	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,000

Los valores alcanzados permiten rechazar la H0 a un nivel de significación de $p \leq .001$, lo que significa que hay una diferencia significativa entre ambos grupos con un nivel de confianza del 99%. De hecho, la significación de Monte Carlo bilateral y unilateral

también es $< .001$, confirmando que la diferencia observada no es debido al azar. Esta prueba es una forma robusta de estimar significaciones, especialmente en distribuciones no normales.

Con objeto de conocer a favor de qué colectivo se daban las diferencias se aplicó la prueba de rangos. Los valores alcanzados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Rangos obtenidos.

	Variable	N	Rango promedio	Suma de rangos
SUS	Estudiantes	467	285,02	133105,00
	Expertos	127	343,39	43610,00
	Total	594		

Como puede observarse son los expertos los que presentan puntuaciones más elevadas respecto a la usabilidad que los estudiantes.

3.1.4 Tamaño del efecto

A fin de estudiar la relación entre ambas variables o la diferencias entre grupos, se procedió a calcular el tamaño del efecto mediante el “d de Cohen” (Cohen, 1988 y 1992).

La prueba t de muestra independientes (tabla 5) el valor de t de -3.348 con 592 grados de libertad y una significación bilateral de $p < 0.001$. Esto significa que la diferencia de medias entre los dos grupos es estadísticamente significativa. Reforzando aún más las diferencias significativas entre ambas, dado que la diferencia de media entre los grupos es de -5.55 puntos, indicando que el grupo de los estudiantes posee un promedio inferior.

Tabla 5.

Prueba t de muestras independientes.

		Prueba de		prueba t para la igualdad de medias							
		Levene de		Significación		95% de intervalo					
		igualdad de		P de un	P de dos	Dif. de	Dif. de	de confianza			
		varianzas		factor	factores	medias	estándar	Inferior	Superior		
SUS	Se asumen	,020	,887	-3,348	592	<,001	<,001	-5,55	1,66	-8,80	-2,29
	varianzas										
	iguales										
	No se			-3,367	201,363	<,001	<,001	-5,55	1,65	-8,79	-2,30
	asumen										
	varianzas										
	iguales										

Por lo que se refiere al tamaño del efecto (Tabla 6), se observa que posee un tamaño pequeño, ya que el valor es negativo, en concreto -.335, sugiriendo que, aunque la diferencia es estadísticamente significativa, la magnitud de la diferencia en términos prácticos es pequeña, como sugiere el propio Cohen (1988). El tamaño encontrado es verificado también por la corrección de Hedges y el delta de Glass, la cuales han obtenido valores similares como se observa en la citada tabla.

Tabla 6.

Prueba tamaño del efecto.

		Intervalo de confianza al				
		Estimación de		95%		
		Standardizer	puntos	Inferior	Superior	
SUS	d de Cohen		16,55237	-,335	-,532	-,138
	corrección de Hedges		16,57338	-,335	-,531	-,138
	delta de Glass		16,42713	-,338	-,538	-,136

3.2 Análisis estadísticos de las cuestiones estéticas y técnicas del programa

3.2.1 Escala de fiabilidad

Al igual que en el anterior apartado, se volvió a calcular el alfa de Cronbach a fin de medir la fiabilidad interna o consistencia del conjunto de ítems que perseguían evaluar diferentes aspectos técnicos y estéticos del programa. Este análisis indicó que ambos valores recaen sobre el valor 0.9, significando que la consistencia interna de los ítems en ambos casos muy alta.

En cuanto a la omega de McDonald también afirma la consistencia interna del instrumento de evaluación utilizado, dado que los valores superan el valor de 0.9, reforzando aún más la idea de que el cuestionario es confiable y adecuado para conocer la calidad del objeto de realidad aumentada evaluado (Tabla 7).

Tabla 7.

La evaluación de objetos de realidad mixta por expertos y estudiantes: estudio comparativo.
Cabero-Almenara, J., León-Garrido, A. Barroso-Osuna, J., Barragán-Sánchez, R.

Escala de fiabilidad.

	Estudiantes	Expertos
Alfa de Cronbach	0.900	0,927
Omega de McDonald	0.920	0,940

Valores obtenidos que sugieren también en este instrumento altos niveles de fiabilidad de acuerdo con (O'Dwyer y Bernauer, 2014).

3.2.1 Análisis estadísticos

Los datos recogidos en la Tabla 8, muestra que, en general, los expertos tienden a evaluar más positivamente todos los aspectos recogidos en el cuestionario de aspectos técnicos y estéticos que los estudiantes. Esto puede ser debido a las experiencias y el conocimiento técnicos que poseen los docentes, influyendo aún más en la percepción de la calidad.

Además, se observa que, entre los alumnos existen una mayor variabilidad de opiniones, dado que posee una mayor desviación estándar en casi todos los ítems, sugiriendo de esta forma que su nivel de experiencia y confort con los recursos de realidad mixta presentado son más heterogéneos.

Sin embargo, la media ponedera de los recursos en función a las cuestiones planteadas es alta, obteniendo un valor de 8.12 por parte de los estudiantes y 8.74 por los docentes. En pocas palabras, estos valores reflejan una evaluación general muy positiva por ambos grupos, aunque, el de los expertos es mayor que el de los estudiantes.

Tabla 8.

Medias y desviaciones típicas obtenidas.

	Estudiantes	Expertos	
		Media	D. tp.
La calidad técnica del recurso con el que has interaccionado	7,81	1,907	8,69
El funcionamiento técnico del programa	7,66	2,020	8,50
La calidad estética del recurso	8,32	1,796	8,72
La facilidad de manejo del recurso	8,34	1,743	8,93
La utilidad educativa/social del recurso	8,46	1,630	8,78
Media total	8,12	1,819	8,74

3.2.2 Prueba U de Mann-Whitney de las cuestiones técnicas

Al aplicar la prueba de U de Mann-Whitney se observa (Tabla 9), al igual que en el anterior caso, que, existe una diferencia significativa entre ambos grupos. El valor obtenido de .004 indica que la diferencia entre los dos grupos es estadísticamente significativa al nivel del $p \leq .01$). Lo que sugiere que hay evidencia suficiente para rechazar la H_0 de que no hay diferencia entre los grupos y aceptar la H_1 de la existencia

de diferencias significativas. Esto se confirma con los resultados observados en la significación de Monte Carlo, afirmando que el valor de .002 obtenido refuerza la robustez de los resultados y con un nivel de confianza del 99%.

Tabla 9.

Prueba de U de Mann-Whitney de las cuestiones técnicas.

			Media
U de Mann-Whitney			,000
W de Wilcoxon			21,000
Z			-2,882
Sig. asin. (bilateral)			,004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]			,002
Sig. Monte Carlo (bilateral)	Sig.		,002
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,001
		Límite superior	,003
Sig. Monte Carlo (unilateral)	Sig.		<,001
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,002

Estas diferencias significativas recaen con creces entre el grupo de expertos (tabla 9), dado que el valor promedio que se obtiene es mayor significativamente en comparación con los alumnos. Por tanto, se puede indicar que los expertos evalúan de manera más positiva el objeto de realidad mixta utilizado frente a los estudiantes.

3.2.3. Tamaño del efecto de las cuestiones técnicas

A continuación, en la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos en la prueba t de igualdad de medias en muestras independientes, el valor obtenido de p para la prueba de Levene es muy cercano al umbral de significación, dado que, se ha obtenido .052, lo que significa que no se puede rechazar con certeza la H0. Sin embargo, la prueba t para la igualdad de medias se obtuvo un valor de significación de 0.001 y 0.002, afirmando el rechazo de la H0 y la aceptación de la H1. Además, la diferencia de medias es de -0.60833, lo que sugiere que el grupo de alumnos posee un promedio inferior que al grupo de docentes.

Tabla 10.

Prueba de muestra independientes de las cuestiones técnicas.

Prueba de Levene de igualdad de varianzas	prueba t para la igualdad de medias								
					95% de intervalo de confianza de				
	Significación		Diferencia		la diferencia				
	F	Sig.	t	gl	P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	de error estándar	Inferior Superior
Media Se asumen varianzas iguales	4,884	,052	-4,27	10	<,001	,002	-,60833	,14246	-,92575 -,29092
No se asumen varianzas iguales			-4,27	6,832	,002	,004	-,60833	,14246	-,94687 -,26979

En relación con el tamaño del efecto (Tabla 11), se observa que el tamaño es pequeño, al igual que en el anterior caso, cuyo valor es de .2467, sugiriendo que, aunque las diferencias existentes son significativas, la magnitud de diferencias es pequeña. Esto se confirma con las correcciones de Hedges y Delta de Glass.

Tabla 11.

Tamaño del efecto de las cuestiones técnicas.

	Intervalo de confianza al Estimación de 95%			
	Standardizer puntos	Inferior		
		Superior		
Media d de Cohen	,24674	-2,465	-3,988	-,879
corrección de Hedges	,26740	-2,275	-3,680	-,812
delta de Glass	,13938	-4,365	-7,197	-1,501

4. CONCLUSIONES, DISCUSIÓN Y LIMITACIONES

Las conclusiones del trabajo van en diferentes direcciones, así respecto al primero de los objetivos perseguidos indicar que se han alcanzado altos niveles de fiabilidad con el instrumento, y en sus dos bloques, tanto el referido al SUS como el que contemplaba diferentes aspectos técnicos y estéticos del objeto de RE. En el caso de la escala SUS, los valores que se obtuvieron han resultado ser ligeramente superiores a los habitualmente estudiados, lo que refuerza aún más la robustez del instrumento utilizado (Lewis, 2018).

En relación con el segundo y tercer objetivo, los cuales se centraron en analizar la percepción de la usabilidad y la valoración de los aspectos técnicos y estéticos por parte de los estudiantes y expertos, los resultados indicaron una herramienta excelente para obtener información sobre el recurso de forma válida y comprensible. De hecho, no se detectaron dificultades en la interpretación de los ítems que los componía, coincidiendo así con estudios previos en los que de muestra una claridad y versatilidad de la escala

SUS, así como los aspectos complementarios educativos tecnológicos (Gronier & Baudet, 2021).

Teniéndose en cuenta los valores obtenidos en la escala de la usabilidad, se puede afirmar que el objeto de aprendizaje que se ha diseñado presenta un alto nivel de aceptación de gama globalizada. En concreto, las puntuaciones de los estudiantes (74,03 en la escala SUS y media de 8,74 en la escala de aspectos técnicos y estéticos) han superado el umbral predeterminado de 68 tal y como establecieron Lewis (2018) y Gronier & Baudet (2021). Con ello, se ha podido confirmar los objetivos preestablecidos para estudiarlos y analizarlos en la escala de la usabilidad en lo que respecta a la calidad técnica y estética del objeto.

En relación con el cuarto y quinto objetivo, los estadísticos inferenciales que se llevaron a cabo revelaron la existencia de diferencias significativas entre los aspectos que percibieron los estudiantes y los expertos, siendo estos últimos lo que marcaron valoraciones más altas en los aspectos técnicos y estéticos. Sin embargo, el tamaño del efecto que se ha obtenido es reducido, sugiriendo que, aunque, se han hallados diferencias significativas, las discrepancias no son a escala de gran magnitud desde el punto práctico.

Estas diferencias pueden analizarse y/o interpretarse con diferentes enfoques. En primer lugar, una mayor competencia digital y experiencia de los expertos en la evaluación del recurso tecnológico diseñado, siendo esto lo que podría explicar una valoración más ajustada a los criterios de la instrucción y la usabilidad, tal y como se puede comprobar en estudios similares de la evaluación de la tecnología. En segundo lugar, una menor familiarización de los estudiantes con el objeto de RE, aspectos que puede influir en la percepción de los estudiantes, condicionada por la novedad tecnológica, así como por los aspectos lúdicos integrados. De hecho, resultados similares se han podido identificar en estudios previos en los que se comparan la percepción de los estudiantes u los expertos en contextos digitales. Un estudio que se puede destacar es el que llevaron a cabo Cabero-Almenara et al. (2022) en el cual diseñaron un t-MOOC para la formación docente.

Por consiguiente, y, a pesar de estas diferencias halladas, los resultados refuerzan aún más la validez de los estudiantes como informantes competentes en lo que concierne a la evaluación del objeto de aprendizaje diseñado. Esto confirma y amplía las evidencias de estudios similares en los que se defiende la inclusión de los usuarios en los procesos de evaluación de la tecnología educativa para obtener el grado de usabilidad del recurso propuesto.

Finalmente, y según los estudios de Cabero-Almenara et al. (2023) y Palacios-Rodríguez et al. (2024), los altos niveles obtenidos en la escala del SUS puede atribuirse, en gran medida, a la estructura que se ha diseñado para el objeto de RE, lo que refuerza y evidencia los resultados obtenidos y la calidad del objeto producido. No obstante, el estudio ha presentado algunas limitaciones como la utilización del muestreo no aleatorio en los estudiantes ni en los expertos, así como la utilización del instrumento de la autopercepción, pudiéndose introducir sesgos de forma subjetiva en las respuestas. Estas limitaciones dan lugar a nuevas líneas de investigación enfocadas a la triangulación de

los aspectos metodológicos y la utilización de medidas complementarias que nos ayude a comprender aún más el grado de usabilidad del recurso estudiado.

Presentación del artículo: 13 de noviembre de 2025

Fecha de aprobación: 15 de diciembre de 2025

Fecha de publicación: 1 de enero de 2026

Cabero-Almenara, J., León-Garrido, A. Barroso-Osuna, J., Barragán-Sánchez, R. (2026). La evaluación de objetos de realidad mixta por expertos y estudiantes: estudio comparativo. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 26(83). <http://dx.doi.org/10.6018/red.684191>

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.

Declaración del autor o de los autores sobre el uso de LLM

Este artículo no ha utilizado para su redacción textos provenientes de un LLM (ChatGPT u otros).

Declaración de las contribuciones de los autores

Conceptualización, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; curación de datos, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; software, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; análisis formal, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez obtención de fondos, Julio Cabero-Almenara; investigación, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; metodología, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; administración del proyecto, Julio Cabero-Almenara; recursos, Julio Cabero-Almenara; supervisión, Julio Cabero-Almenara; validación, Julio Cabero-Almenara; visualización, Julio Cabero-Almenara; redacción – borrador original, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez; redacción – revisión y edición, Julio Cabero-Almenara, Antonio León-Garrido, Julio Barroso-Osuna, Raquel Barragán-Sánchez.

Referencias

AlGerafi, M. A. M., Zhou, Y., Oubibi, M., & Wijaya, T. T. (2023). Unlocking the potential: A comprehensive evaluation of augmented reality and virtual reality in education. *Electronics*, 12(18), 3953. <https://doi.org/10.3390/electronics12183953>

- Alpizar, D., Adesope, O. O., & 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>
- Ausín Villaverde, V., Rodríguez Cano, S., Delgado Benito, V., & Bogdan Toma, R. (2023). Evaluación de una APP de realidad aumentada en niños/as con dislexia: Estudio piloto. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 66, 87–111. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.95632>
- Banjar, A., Xu, X., Iqbal, M. Z., & 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., & Llorente, C. (2015). El diseño, la producción y la evaluación de TIC aplicadas a los procesos de enseñanza-aprendizaje. En J. Cabero & J. Barroso (Coords.), *Nuevos retos en tecnología educativa* (pp. 69-85). Síntesis.
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, & B. Weerdmeester (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Brooke, J. (2013). SUS: A retrospective. *Journal of Usability Studies*, 8(2), 29–40.
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., & Grajek, S. (2020). *2020 EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition*. EDUCAUSE.
- Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: El Coeficiente de competencia experta. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 65(2), 25–38. <https://doi.org/10.13042/brp.2013.65202>
- Cabero Almenara, J., Serrano Hidalgo, M., Palacios Rodríguez, A., & 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>
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *NAER. New Approaches in Educational Research*, 5(1), 46-52. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero, J., & Llorente, C. (2023). Tecnologías y metodologías emergentes. En C. Llorente & J. J. Gutiérrez (Coords.), *Tecnologías emergentes y pedagogía de la innovación* (pp. 11-24). Dykinson.
- Cabero-Almenara, J., De-La-Portilla-De-Juan, F., Barroso-Osuna, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2023). Technology-Enhanced learning in health sciences: Improving the motivation and performance of medical students with immersive reality. *Applied Sciences*, 13(14), 8420. <https://doi.org/10.3390/app13148420>
- Cabero-Almenara, J., Llorente-Cejudo, C., & 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., Llorente-Cejudo, C., Palacios-Rodríguez, A., & Gallego-Pérez, Ó. (2023). Degree of acceptance of virtual reality by health sciences students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(8), 5571. <https://doi.org/10.3390/ijerph20085571>
- Chen, Y.-T., Li, M., & Cukurova, M. (2023). Unleashing imagination: An effective pedagogical approach to integrate into spherical video-based virtual reality to improve

- students' creative writing. *Education and Information Technologies*, 29(6), 6499–6523. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12115-7>
- Christopoulos, A., Pellas, N., Bin Qushem, U., & 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(4), 987–1005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13306>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Erlbaum.
- Cohen, J. (1992). Cosas que he aprendido (hasta ahora). *Anales de Psicología*, 8(1-2), 3-17.
- Conrad, M., Kablitz, D., & Schumann, S. (2024). Learning effectiveness of immersive virtual reality in education and training: A systematic review of findings. *Computers & Education: X Reality*, 4, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100053>
- Devin, F. (2017). Sistema de Escalas de Usabilidad: ¿qué es y para qué sirve? *UUXpañol*. <https://uxpanol.com/teoria/sistema-de-escalas-de-usabilidad-que-es-y-para-que-sirve/>
- Fink, M., Eisenlauer, V. & Ertl, B. (2023). What variables are connected with system usability and satisfaction? Results from an educational virtual reality field trip. *Computers & Education: X Reality*, 3, 100043, doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100043.
- Gimeno Artigas, S. (2018). Cinco formas de interpretar un SUS. *Torresburriel*. <https://torresburriel.com/weblog/cinco-formas-de-interpretar-un-sus/>
- González Oneto, H., Moreno Yáñez, Y., & D'Andrea Pincheira, M. (2024). Realidad virtual inmersiva como complemento en la educación odontológica: Un proceso de implementación para la docencia. *Educación Médica*, 25(5), 100931. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100931>
- Gronier, G., & 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 de la Casa, J., Caerold, M., & Sidorenko, P. (2019). La realidad virtual y el vídeo 360° en la comunicación empresarial e institucional. *Revista de Comunicación*, 18(2), 177-199. <https://doi.org/10.26441/RC18.2-2019-A9>
- Huang, H., Lin, C., & Cai, D. (2021). Enhancing the learning effect of virtual reality 3D modeling: A new model of learner's design collaboration and a comparison of its field system usability. *Universal Access in the Information Society*, 20(3), 429–440. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00750-7>.
- Huang, T., Chen, Ch. & Tseng, Ch. (2025). Exploring learning effectiveness of integrating mixed reality in educational settings: A systematic review and meta-analysis. *Computers & Education*, 234, 105327, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105327>.
- Lai, J. W., & 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>
- León-Garrido, A., Barroso-Osuna, J. M., & Llorente-Cejudo, M. C. (2024). Diseño y validación de un instrumento de evaluación para apps móviles musicales a través del juicio de expertos. *Aula Abierta*, 53(2), 169–179. <https://doi.org/10.17811/rifie.20620>
- Lewis, J. R. (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>

- Li, X., Chen, S., Wang, Y., Wang, Z., Guo, Z., Li, W., Zhang, J., Du, X. & Liu, F. (2025). Advancing Precision Equipment Co-Assembly: An Innovative VR/MR Interface Strategy. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41:7, 4350-4361, DOI: 10.1080/10447318.2024.2351712.
- Liu, Z., Zhang, W., & 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., & Marín-Marín, J.-A. (2024). Efectos de la realidad aumentada y virtual en estudiantes con TEA (Effects of augmented and virtual reality on students with ASD). *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 70, 7–23. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.103789>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (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>
- Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning. Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85–139.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mulders, M., Buchner, J., & 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., & Bernauer, J. A. (2013). *Quantitative research for the qualitative researcher*. Thousand Oaks, California, Estados Unidos, SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781506335674>
- Othman, M. K., Nogoibaeva, A., Leong, L. S., & Barawi, M. H. (2021). Usability evaluation of a virtual reality smartphone app for a living museum. *Universal Access in the Information Society*, 21(4), 995–1012. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00820-4>
- Palacios-Rodríguez, A., Cabero-Almenara, J., & Serrano-Hidalgo, M. (2024). Educación Médica y Carga Cognitiva: Estudio de la Interacción con Objetos de Aprendizaje en Realidad Virtual y Vídeo 360o. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(79). <https://doi.org/10.6018/red.582741>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Learning about history in immersive virtual reality: Does immersion facilitate learning? *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 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://www.flat101.es/blog/diseno-ux/la-usabilidad-puede-medirse-escala-sus-y-test-de-usuario/>
- Victoria Maldonado, J. J., Fuentes-Cabrera, A., Fernández-Cerero, J., & Sadio-Ramos, F. J. (2024). Influencia de la Realidad Virtual en el rendimiento académico en Educación Secundaria a través de un meta-análisis. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 71, 107–121. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.104279>
- Wang, J., Ma, Q., & Wei, X. (2023). The application of extended reality technology in architectural design education: A review. *Buildings*, 13(12), 2931. <https://doi.org/10.3390/buildings13122931>
- Zilles Borba, E. (2020). Audiovisuales ampliados en la realidad virtual: Inmersión, multisensorial y escenarios 360°. *Sphera Publica*, 1(20), 78–94.