



Diseño y usabilidad en una App de realidad aumentada (R-A) para la difusión de piezas cerámicas de cultura PURUHÁ

Design and Usability in an Augmented Reality (AR) App for the Dissemination of Ceramic Pieces from the PURUHÁ Culture

Autores

- ✉ * **Tatiana Janeth Bravo Cedeño** 
✉ **Edison Amador Miguez Gordillo** 
✉ **Manuel David Isín Vilema** 
✉ **Geonatan Octavio Peñafiel Barros** 

Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnologías, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Resumen

Este artículo de investigación examina el diseño y la usabilidad de una aplicación móvil de Realidad Aumentada (AR) para promover la cultura cerámica Puruhá. Subraya la importancia de integrar principios de diseño centrado en el usuario (UCD) para asegurar que las aplicaciones de AR sean no solo visualmente atractivas, sino también funcionales y accesibles. Se emplea el marco de usabilidad de Nielsen (1993) para evaluar la efectividad, eficiencia y satisfacción que proporciona la aplicación. El estudio incorpora elementos multimedia y gamificación, como sugieren Hirsh-Pasek et al. (2015), para mejorar el compromiso educativo. La base teórica incluye la teoría de la carga cognitiva (Sweller, 1988) y la importancia del diseño intuitivo (Norman, 1988) en las herramientas educativas. La investigación sigue una metodología descriptivo-cuantitativa, utilizando encuestas post-prueba para evaluar la usabilidad de la aplicación entre 40 estudiantes universitarios. Los hallazgos revelan una alta usabilidad, una entrega educativa efectiva y una experiencia de usuario positiva, con recomendaciones para mejorar la accesibilidad y las funciones de sonido. El estudio destaca el potencial de la AR para enriquecer la educación cultural y preservar el patrimonio.

Palabras clave: Realidad Aumentada (AR), Usabilidad, Diseño Centrado en el Usuario (UCD), Patrimonio Cultural, Tecnología Educativa, Teoría de la Carga Cognitiva, Diseño Interactivo.

Comó citar el artículo:

Bravo Cedeño, T. J., Miguez Gordillo, E. A., Isín Vilema, M. D. & Peñafiel Barros, G. O. 2024. Diseño y usabilidad en una App de realidad aumentada (R-A) para la difusión de piezas cerámicas de cultura PURUHÁ. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*. 8(2), pp. 111-121. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i2.7010>

Enviado: 20/09/2024

Aceptado: 02/12/2024

Publicado: 04/12/2024

Abstract

This research paper examines the design and usability of a mobile Augmented Reality (AR) application for promoting Puruhá ceramic culture. It underscores the importance of integrating user-centered design (UCD) principles to ensure that AR applications are not only visually appealing but also functional and accessible. Nielsen's (1993) usability framework is employed to assess the effectiveness, efficiency, and satisfaction provided by the application. The study incorporates multimedia elements and gamification, as suggested by Hirsh-Pasek et al. (2015), to enhance educational engagement. The theoretical foundation includes cognitive load theory (Sweller, 1988) and the significance of intuitive design (Norman, 1988) in educational tools. The research follows a descriptive-quantitative methodology, utilizing post-test surveys to evaluate the application's usability among 40 university students. Findings reveal high usability, effective educational delivery, and positive user experience, with recommendations for improving accessibility and sound features. The study highlights the potential of AR in enriching cultural education and preserving heritage.

Keywords: Augmented Reality (AR), Usability, User-Centered Design (UCD), Cultural Heritage, Educational Technology, Cognitive Load Theory, Interactive Design



1. Introducción

La usabilidad de las aplicaciones móviles de Realidad Aumentada (RA) desempeña un papel crucial en la eficacia de la difusión de contenidos culturales. En el caso de las piezas cerámicas de la cultura Puruhá, una aplicación de RA no solo debe ser visualmente atractiva, sino que debe ofrecer una experiencia de usuario intuitiva y enriquecedora. Nielsen (1993) define la usabilidad como la capacidad de un producto para ser utilizado de manera efectiva y eficiente por usuarios específicos. En el contexto de las aplicaciones de RA para la difusión cultural, la usabilidad se traduce en una interfaz que permita a los usuarios interactuar con las piezas cerámicas de forma natural y comprensible, sin distracciones innecesarias.

El Diseño Centrado en el Usuario (User Centered Design) es fundamental para garantizar la usabilidad de una aplicación de RA. Según Benyon, Turner y Turner (2005), el UCD implica una profunda comprensión de las necesidades y expectativas de los usuarios. En el caso de la cultura Puruhá, esto significa crear una experiencia que no solo presente información sobre las piezas cerámicas, sino que también fomente la conexión emocional y cultural del usuario con estas.

La integración efectiva de elementos multimedia es otro aspecto clave en el diseño de aplicaciones de RA para la difusión cultural. Paivio (1986) sostiene que la combinación de texto, imágenes y sonidos mejora la comprensión y el recuerdo de la información. En una aplicación de RA para la cultura Puruhá, esto podría implicar superponer animaciones que muestren el proceso de elaboración de las piezas cerámicas, o incluir audioguías con narraciones de expertos sobre la historia y el significado cultural de cada pieza.

Además de ser informativas, las aplicaciones de RA deben ser entretenidas para mantener el interés de los usuarios. Hirsh-Pasek et al. (2015) subrayan la importancia de la gamificación en el aprendizaje. En el contexto de la cultura Puruhá, esto podría incluir desafíos o juegos que inviten a los usuarios a identificar características específicas de las piezas cerámicas o a reconstruir virtualmente una vasija a partir de fragmentos.

La personalización es otra dimensión que puede mejorar significativamente la experiencia del usuario en aplicaciones de RA. Según Radu et al. (2021), las herramientas personalizables permiten que los usuarios ajusten las funcionalidades de la aplicación según sus preferencias o nivel de conocimiento, lo que fomenta un aprendizaje más profundo. En el caso de la cultura Puruhá, la aplicación podría ofrecer modos para principiantes y expertos, o permitir a los usuarios elegir su recorrido interactivo basado en intereses específicos como el diseño artístico o los contextos históricos.

Un aspecto técnico que también contribuye a la usabilidad

es la optimización del rendimiento de la aplicación. Investigaciones recientes, como las de Lee et al. (2022), enfatizan la importancia de reducir tiempos de carga, garantizar transiciones fluidas entre elementos interactivos y optimizar el consumo de recursos del dispositivo móvil. Esto es particularmente relevante en regiones donde los usuarios pueden no tener acceso a dispositivos de gama alta o conexiones de internet rápidas.

La accesibilidad inclusiva es otro principio que no debe pasarse por alto. Gomez et al. (2020) resaltan que las aplicaciones culturales de RA deben ser diseñadas pensando en usuarios con diferentes capacidades físicas y cognitivas. Esto podría incluir subtítulos para audioguías, narraciones visuales para usuarios con discapacidades auditivas o una interfaz simplificada para personas con limitaciones tecnológicas.

El impacto emocional que genera una experiencia de RA bien diseñada puede ser determinante en la conexión del usuario con el contenido cultural. Según Johnson et al. (2023), las aplicaciones que evocan emociones positivas, como sorpresa o admiración, no solo mejoran la experiencia general, sino que también aumentan la retención de información. En este sentido, incorporar narrativas inmersivas sobre los mitos y tradiciones de la cultura Puruhá podría transformar la aplicación en un puente emocional hacia el pasado cultural del usuario.

Antecedentes

La aplicación de la realidad aumentada (RA) en el ámbito educativo ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. Diversos estudios han explorado el potencial de esta tecnología para enriquecer la experiencia de aprendizaje y mejorar la comprensión de conceptos complejos (Milgram & Kishino, 1994; Azuma, 1997). En el campo del patrimonio cultural, la RA ha demostrado ser una herramienta valiosa para la visualización y la interpretación de objetos y sitios históricos (Schreiner, 2008).

En el contexto de la educación cultural, investigaciones previas han destacado la importancia de integrar tecnologías inmersivas para fomentar la participación activa de los estudiantes y promover la conexión emocional con el patrimonio cultural (Prensky, 2001; Dede, 2009). Estudios como el de (Prensky, 2001) han explorado la efectividad de las aplicaciones de RA para enseñar historia y cultura, demostrando que los estudiantes que utilizaron estas herramientas mostraron un mayor nivel de engagement y una mejor retención de la información.

Además, la gamificación, es decir, la incorporación de elementos de juego en contextos no lúdicos, ha demostrado ser una estrategia efectiva para aumentar la motivación y

el compromiso de los estudiantes (Deterding et al., 2011). Estudios como el de Koperwas et al. (2014) han explorado la efectividad de las aplicaciones de RA para enseñar historia y cultura, demostrando que los estudiantes que utilizaron estas herramientas mostraron un mayor nivel de engagement y una mejor retención de la información.

En el ámbito del diseño de interfaces, Sweller (1988) resalta que la teoría de la carga cognitiva ha sido ampliamente utilizada para guiar el desarrollo de materiales educativos. Esta teoría sugiere que la cantidad de información que un aprendiz puede procesar a la vez es limitada, por lo que es fundamental diseñar interfaces que minimicen la carga cognitiva y permitan a los estudiantes concentrarse en los aspectos más relevantes del contenido.

El diseño de aplicaciones educativas debe fundamentarse en el aprendizaje y el desarrollo cognitivo de los usuarios. Por tanto, las creaciones de interfaces guían y facilitan la comprensión y retención de la información. Sweller (1988), sostiene que el aprendizaje efectivo ocurre cuando la carga cognitiva es adecuada de acuerdo a los recursos o herramientas presentados al estudiante. En el contexto del diseño de aplicaciones, implica la creación de interfaces intuitivas que eviten la sobrecarga de información, permitiendo que los estudiantes se concentren en los aspectos relevantes del contenido educativo.

En este sentido, Moreno y Mayer (2007) subrayan la importancia de considerar tanto el contenido educativo como la manera en que se presenta para optimizar el aprendizaje. También, Sweller, Ayres y Kalyuga (2011) destacan la necesidad de diseñar materiales que minimicen la carga cognitiva innecesaria, permitiendo que los estudiantes se centren en el aprendizaje significativo. Además, estos autores enfatizan que un diseño bien estructurado facilita la adquisición de conocimientos al promover una interacción más eficiente entre el estudiante y el material educativo.

Diseño Centrado en el Usuario

El enfoque de diseño centrado en el usuario (UCD) es fundamental para desarrollar aplicaciones que respondan a las necesidades y capacidades de los usuarios. Según Benyon, Turner y Turner (2005), el UCD implica una profunda comprensión de los usuarios y sus contextos de uso. En este sentido, Norman (1988) menciona que el UCD se centra en hacer que los productos sean fáciles de usar y que respondan a las necesidades específicas de los usuarios.

Benyon, Turner y Turner (2005) indican que la comprensión al usuario requiere una investigación para conocer las características, comportamientos y preferencias de los usuarios. Esta fase inicial es importante para garantizar que el diseño final sea relevante y útil para el público objetivo. Por tanto, Nielsen (1993) indica la importancia de crear prototipos y someterlos a pruebas con usuarios reales para identificar problemas de usabilidad y realizar mejoras continuas. Por lo cual, permitirá mejorar el producto, en base al feedback directo de los usuarios.

En este sentido, Preece, Rogers y Sharp (2015) señalan que los productos diseñados con la metodología del diseño centrado en el usuario no solo son más fáciles de usar, sino que también son más agradables y amigables, lo cual, es importante en la construcción de aplicaciones educativas. Por tanto, el uso del DCU puede generar una experiencia de usuario donde puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes.

Usabilidad

Nielsen (1993) define la usabilidad como la medida en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción. En el contexto educativo, el éxito de una aplicación está determinada por la usabilidad y el fácil aprendizaje de los usuarios. En este contexto, la importancia de crear aplicaciones es que no solo sean funcionales, sino también fáciles de usar y agradables para los usuarios.

También, Norman (2002) indica que un diseño efectivo debe permitir a los usuarios completar sus tareas sin errores o dificultades significativas. Esto implica una interfaz clara y procedimientos de interacción que los usuarios puedan seguir fácilmente. Para Rubin y Chisnell (2008) argumentan que un diseño eficiente reduce el tiempo y esfuerzo necesario para realizar tareas, lo cual es crucial para mantener la productividad del usuario. Shackel (1991) define la satisfacción como el grado en que los usuarios encuentran agradable el uso del producto. Una interfaz intuitiva y atractiva puede aumentar significativamente la satisfacción del usuario, fomentando una experiencia positiva y un uso repetido. Por tanto, estos componentes son claves en la medición de la usabilidad.

En este contexto, la evaluación de la usabilidad en aplicaciones educativas implica varios métodos, entre ellos pruebas de usabilidad, análisis heurísticos y evaluaciones de accesibilidad. Estas evaluaciones ayudan a identificar problemas de diseño que pueden afectar negativamente la experiencia del usuario. Hirsh-Pasek et al. (2015) sugieren que las aplicaciones educativas deben ser tanto educativas como entretenidas para mantener el interés y la motivación de los niños.

En el análisis de la aplicación se utilizó la prueba de usabilidad como método, permitió evaluar y mejorar la usabilidad de la App. Nielsen (1994) sugiere que estas pruebas, que implican observar a los usuarios mientras interactúan con la aplicación, pueden identificar problemas de usabilidad y áreas de mejora. Esta metodología proporciona información valiosa sobre la experiencia del usuario y permite realizar ajustes necesarios.

Diseño Accesible

El diseño accesible es fundamental para garantizar que todos los usuarios, independientemente de sus capacidades, puedan utilizar aplicaciones educativas. Esto implica la implementación de características como texto alternativo para imágenes, subtítulos para contenido de audio y interfaces que sean navegables con diferentes dispositivos de entrada (W3C, 2018). En este sentido, proporcionar alternativas textuales para contenido no textual, como imágenes, audios y videos,



y utilizar colores contrastantes y tamaños de texto ajustables para facilitar la lectura.

También, Paciello (2000) señala que la información debe ser presentada de manera clara y sencilla, y organizada lógicamente. Además, se deben proporcionar ayudas contextuales para asistir a los usuarios en la comprensión y navegación del contenido. Por tanto, la claridad y simplicidad de la información debe ser comprensible y el manejo de la interfaz. En este contexto, las aplicaciones educativas deben ser diseñadas para ser inclusivas, asegurando que todos los niños tengan igualdad de oportunidades para aprender y desarrollarse. Esto es especialmente importante en contextos educativos, donde las necesidades de aprendizaje de los estudiantes pueden variar significativamente (UNICEF, 2017).

2. Materiales y Métodos

El estudio corresponde a un artículo de investigación enfocado en la usabilidad de una aplicación móvil de Realidad Aumentada (R-A) para la difusión de piezas de cerámica de la cultura PURUHÁ. Se empleó un enfoque cuantitativo descriptivo, aplicando encuestas (post-test) para analizar la efectividad de la aplicación. La investigación se llevó a cabo con un grupo de estudiantes expertos en el uso de tecnologías, quienes cursan el tercer y cuarto semestre en la Universidad Nacional de Chimborazo.

La muestra incluyó a 40 jóvenes de tercer y cuarto semestre de la carrera de pedagogía de la informática de la facultad de ciencias de la educación, humanas y tecnologías de la Universidad Nacional de Chimborazo, ubicada en la provincia de Chimborazo, con una población total de 52 estudiantes en el rango de 19 a 30 años de edad. Se utilizaron instrumentos de encuestas para recoger datos numéricos sobre la usabilidad de la aplicación después de su implementación.

Se empleó un diseño de investigación descriptivo-correlacional para evaluar la usabilidad de una aplicación móvil de Realidad Aumentada (RA) diseñada para promover la cultura Puruhá. A través de un enfoque cuantitativo, se analizaron diversos aspectos de la interfaz, incluyendo la legibilidad, la claridad de los elementos visuales, la eficiencia de la navegación y la pertinencia del contenido. Se utilizó una encuesta Post-test para recolectar datos sobre la percepción de los usuarios respecto a la usabilidad de la aplicación. Siguiendo a Naupas (2011), se buscó determinar la relación entre las características de la aplicación y la usabilidad percibida por los estudiantes.

Los principales instrumentos de investigación para la recolección de datos fueron cuestionarios estructurados (Post-test), que permitieron reunir información numérica sobre la usabilidad

de la aplicación antes y después de su implementación. Estos cuestionarios incluyeron preguntas específicas para evaluar la facilidad de uso, la satisfacción de los usuarios y la efectividad en la transmisión del contenido cultural. Además, el diseño de los cuestionarios se basó en criterios de usabilidad estándar, asegurando así la recolección de datos relevantes y comparables.

Así mismo, para determinar la validez de los instrumentos y comprensión del mismo, se recurrió a la opinión de tres expertos en el área de las TIC en la Educación de la Carrera de Pedagogía de la Informática de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para la aplicación de los instrumentos se usaron canales digitales como Google Forms y el análisis de los datos se realizó con Microsoft Excel.

El procedimiento sistemático de las fases de la investigación que se llevó a cabo es:

Fase 1. Análisis Inicial de Aplicaciones de Realidad

Aumentada para la Difusión de la Cultura Puruhá: En la fase inicial, se realizó una revisión en internet para analizar la existencia de aplicaciones de Realidad Aumentada (R-A) dedicadas a la difusión de la cultura Puruhá, específicamente su cerámica. Este análisis incluyó el estudio de aplicaciones previas y recursos disponibles para evaluar si existían herramientas tecnológicas que cumplían con este propósito. El objetivo de esta revisión fue identificar las condiciones actuales de las aplicaciones existentes, explorar los recursos disponibles para aprender sobre la cerámica Puruhá y determinar las áreas que podrían ser mejoradas o desarrolladas en una nueva aplicación.

Fase 2. Diseño y elaboración de material para la app. En esta fase se realizaron los siguientes pasos para el diseño y elaboración de la app.:

Fase 2.1. Diseño y Planificación: Al entender el diseño de la app, se desarrolla un mapa de navegación y wireframes para estructurar y visualizar la interfaz de usuario de manera efectiva. El mapa de navegación proporciona una representación gráfica de cómo los usuarios interactúan con la aplicación, mostrando las diferentes pantallas y las conexiones entre ellas. Esto facilita la comprensión del flujo general y la jerarquía de la información.

Por otro lado, los wireframes actúan como bocetos detallados o plantillas que ilustran la disposición de los elementos en cada pantalla, incluyendo botones, menús y áreas de contenido. Estos wireframes permiten diseñar la experiencia de usuario y ajustar los elementos visuales y funcionales antes del desarrollo final. Juntos, el mapa de navegación y los wireframes aseguran que la estructura de la app sea clara, funcional y alineada con los objetivos establecidos en las fases anteriores del proyecto.

Fase 2.2. Creación de Recursos Visuales: Se elaboraron recursos visuales utilizando herramientas como Photoshop, Blender. La creación de estos recursos incluyó el diseño de imágenes y gráficos en Photoshop, el modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender, y la implementación de elementos de línea gráfica para asegurar una coherencia visual en la aplicación. Estos recursos se desarrollaron con base a la revisión en la web que indicaba una preferencia por el género de aventura, y se integraron en la aplicación de Realidad Aumentada para enriquecer la experiencia de los usuarios y facilitar la difusión de la cultura Puruhá.

Fase 2.3. Desarrollo de la Experiencia de Realidad Aumentada: Se diseñaron y programaron los ambientes de Realidad Aumentada (R-A) para la difusión de piezas de cerámica de la cultura Puruhá. El diseño de los entornos se llevó a cabo en Unity, creando escenarios interactivos que permiten a los usuarios explorar las piezas de cerámica en un formato inmersivo. La programación se realizó utilizando Visual Studio Code, en combinación con Android JDK para Unity para asegurar la compatibilidad con dispositivos móviles. Vuforia fue empleado para el reconocimiento y seguimiento de imágenes, facilitando que los usuarios escanean los códigos QR, y accedan a la experiencia de R-A mediante sus tabletas o celulares.

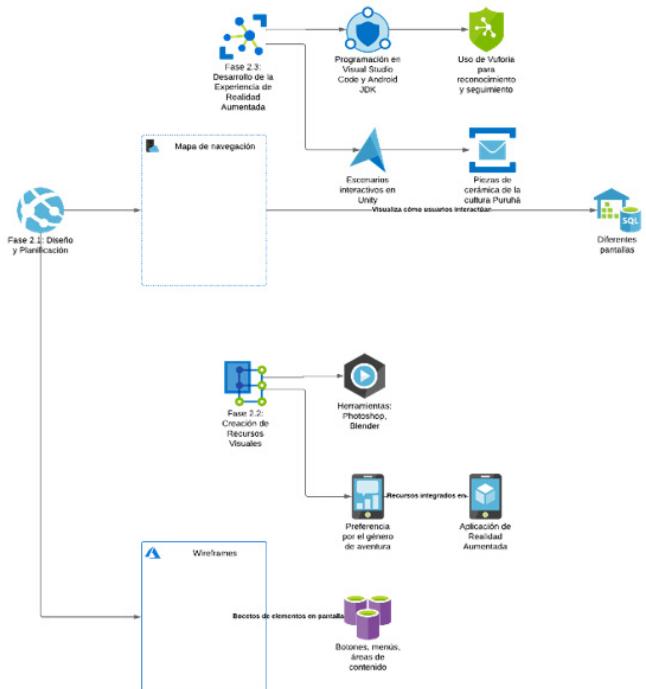


Gráfico 1. Fases de elaboración

Nota : El grafico muestra el orden para elaborar la app de Realidad Aumentada (R-A).

Fase 3. Recolección de datos luego de aplicar la realidad aumentada para la difusión de la cultura Puruhá.

En esta fase, se realizó el post-test utilizando el material desarrollado en la fase 2 para evaluar la interacción de los usuarios con la aplicación de Realidad Aumentada (R-A) dedicada a la

difusión de la cultura Puruhá. La intervención permitió a los usuarios interactuar con el contenido a través de la aplicación y comparar su experiencia con el formato físico del material. Cada sesión de interacción tuvo una duración aproximada de entre 0,30 segundos y 3 minutos. El post-test se enfocó en medir varios aspectos de la usabilidad de la aplicación, incluyendo la legibilidad y claridad de los botones y cuadros de texto, la capacidad de la aplicación para cumplir su objetivo educativo, la adecuación de los colores, el tiempo de carga, la claridad en la navegación, la funcionalidad añadida por los efectos visuales, la idoneidad del uso de R-A y la presencia de sonido. Esta evaluación proporcionó datos detallados sobre la efectividad de la aplicación en la mejora de la experiencia del usuario y en la difusión de la cultura Puruhá.

3. Resultados y Discusión

Discusión

En la Fase 1, se realizó un análisis de aplicaciones de realidad aumentada (RA) existentes enfocadas en la difusión cultural, especialmente de piezas de cerámica. Esta revisión identificó limitaciones en las aplicaciones previas, particularmente en términos de interacción y accesibilidad. Los tres expertos consultados, con especialización en tecnología educativa, señalaron la importancia de incorporar elementos que fortalezcan la conexión cultural, recomendando la inclusión de componentes narrativos y de gamificación para mejorar el interés del usuario y la retención de la información cultural. A través de esta revisión, se identificaron varias aplicaciones que han sido pioneras en integrar la (RA) con el objetivo de preservar y compartir el patrimonio cultural.

A continuación, se mencionan algunas de las aplicaciones analizadas:

1. Google Arts & Culture: Esta plataforma permite explorar colecciones de arte y patrimonio de todo el mundo a través de RA. Con una amplia variedad de objetos culturales, incluye una opción para visualizar las piezas en 3D y ubicarlas en el espacio físico del usuario a través de la cámara del dispositivo. Aunque es una herramienta poderosa para promover la educación cultural, presenta limitaciones en la personalización del contenido y la interacción profunda con los objetos.

2. ARTivive: Esta aplicación está diseñada específicamente para obras de arte en 3D, utilizando RA para animar y dar vida a las obras al ser visualizadas a través de la pantalla de un teléfono móvil. Su enfoque está más orientado a artistas visuales, pero también puede adaptarse a contextos educativos. Su limitación es la falta de interacción directa con el contenido más allá de la visualización, lo que reduce su potencial como herramienta educativa dinámica.

3. Smartify: A través de RA, Smartify permite a los usuarios explorar el patrimonio cultural y artístico de museos de todo el mundo. Esta aplicación proporciona información sobre las piezas, así como la opción de ver las obras en diferentes ángulos, y en algunos casos, incluso poder interactuar con el entorno de



la pieza. Aunque útil para los museos, la interacción se mantiene básica y no incluye elementos narrativos que fomenten la conexión emocional con el usuario.

4. Museum of the World (British Museum): Esta aplicación permite a los usuarios explorar una gran cantidad de artefactos del Museo Británico mediante la RA. Aunque la aplicación ha sido aclamada por su enfoque educativo, los usuarios a menudo se quejan de que la falta de narración y contexto cultural impide una inmersión completa.

Limitaciones Identificadas en las Aplicaciones Analizadas

A pesar de las innovaciones en RA para la difusión cultural, las aplicaciones existentes presentan algunas limitaciones clave, las cuales fueron observadas en los resultados del análisis realizado. Entre ellas se destacan:

- Interacción Básica:** La mayoría de las aplicaciones se limitan a ofrecer vistas 3D de los objetos sin opciones de interacción profunda o modificaciones del contenido, lo que reduce la posibilidad de que los usuarios se involucren activamente con las piezas.

- Accesibilidad:** Muchas de las aplicaciones no están completamente optimizadas para usuarios con discapacidades o con acceso limitado a tecnología avanzada, lo que puede excluir a una audiencia amplia.

- Falta de Elementos Narrativos:** Aunque algunas aplicaciones incluyen información escrita sobre las piezas, la ausencia de narrativas interactivas o contextuales hace que la experiencia sea menos inmersiva. La mayoría de los usuarios desean más que solo la visualización de la pieza, buscan una conexión emocional con la historia detrás del objeto.

- Falta de elementos que hablen sobre la cultura Puruhá:** Las app's analizadas tiene una difusión cultural centrada en un enfoque euro centrista lo cual dificulta que en la red existan posibilidades de que alguna de ella difunda la cultura Puruhá.

Recomendaciones de los Expertos Consultados

Los tres expertos en tecnología educativa consultados, quienes tienen experiencia en la integración de RA en entornos educativos, señalaron la importancia de incorporar características adicionales que mejoren la conexión cultural y educativa de las aplicaciones. Estas recomendaciones incluyeron:

- Incorporación de Elementos Narrativos:** Se sugirió que las aplicaciones incluyan historias detalladas sobre la cultura, el contexto histórico y las tradiciones asociadas a las piezas, con el fin de proporcionar una experiencia más rica y significativa.

- Gamificación:** Se recomendó el uso de la gamificación para

incentivar la participación del usuario. Esto podría incluir actividades interactivas como desafíos, cuestionarios, o misiones que permitan al usuario "descubrir" información sobre las piezas de forma divertida y dinámica.

Enfoque Interdisciplinario: Se sugirió que una de las formas más efectivas de aumentar el impacto de estas aplicaciones es hacer que trabajen en conjunto con otras disciplinas. Por ejemplo, integrar la RA con tecnologías de geolocalización para situar las piezas en su contexto original, o vincularlas con aspectos lingüísticos y socioculturales específicos de la región de origen. Esto, dijo, no solo enriquecería la experiencia visual, sino que permitiría a los usuarios obtener una comprensión más profunda y contextualizada del patrimonio.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados del análisis de las aplicaciones, destacando sus características y limitaciones:

Aplicación	Características	Limitaciones	Posibles Mejoras
Google Arts & Culture	Visualización en 3D de objetos culturales, accesibilidad global.	Falta de interacción y personalización.	Incluir narraciones interactivas y elementos de gamificación para mayor inmersión.
ARTivive	Animación de obras de arte en 3D a través de RA.	Limitada a visualización sin interacción directa.	Incorporar contenido educativo y contextual para reforzar el aprendizaje.
Smartify	Explora obras de arte con RA, acceso a museos internacionales.	Interacción básica, sin narrativas contextuales.	Añadir componentes narrativos y educativos sobre las piezas y su origen cultural.
Museum of the World	Exploración del patrimonio cultural mediante RA.	Falta de personalización y contexto histórico profundo.	Integrar gamificación y más información contextual para profundizar la experiencia.

Tabla 2. Análisis de Aplicaciones de Realidad Aumentada en la Difusión Cultural

Nota. Esta tabla resume las aplicaciones de RA analizadas, destacando sus características, limitaciones y posibles mejoras según los expertos consultados.

Este análisis de aplicaciones de RA en la difusión cultural reveló

que, si bien existen avances significativos en la visualización y promoción de piezas patrimoniales, hay un claro margen de mejora en términos de interactividad, accesibilidad y elementos narrativos. La incorporación de nuevas funcionalidades, como la gamificación, los componentes narrativos contextualizados y enfoques interdisciplinarios, podría transformar estas herramientas en experiencias más ricas y educativas, favoreciendo una conexión más profunda entre los usuarios y las piezas culturales. Las recomendaciones de los expertos servirán como base para el diseño de una nueva propuesta que busque superar estas limitaciones y enriquecer la experiencia educativa a través de la RA.

En la Fase 2, al entender el diseño de la app, se desarrolla un mapa de navegación y wireframes para estructurar y visualizar la interfaz de usuario de manera efectiva. El mapa de navegación proporciona una representación gráfica de cómo los usuarios interactúan con la aplicación, mostrando las diferentes pantallas y las conexiones entre ellas. Esto facilita la comprensión del flujo general y la jerarquía de la información.

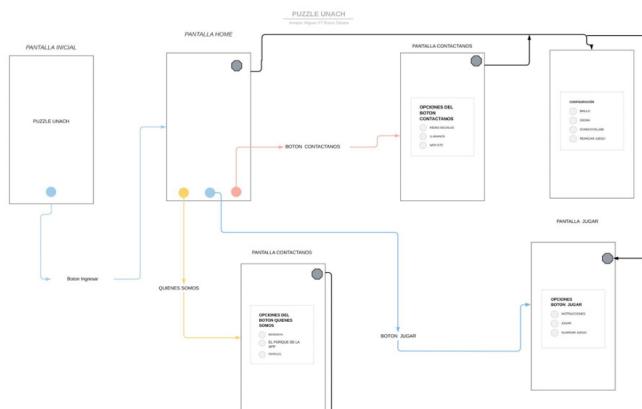


Gráfico 2. Mapa de Navegación

Nota: Aquí se puede observar el flujo de navegación que tendrá la app

Por otro lado, los wireframes actúan como bocetos detallados que ilustran la disposición de los elementos en cada pantalla, incluyendo botones, menús y áreas de contenido. Estos wireframes permiten diseñar la experiencia de usuario y ajustar los elementos visuales y funcionales antes del desarrollo final.

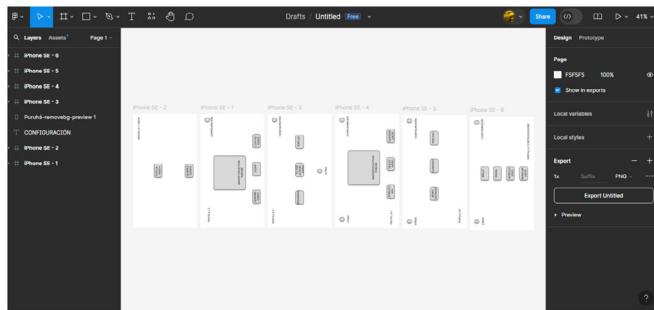


Gráfico 3. Wireframes realizados en Figma

Nota: Bocetos iniciales de la estructura de la app

Juntos, el mapa de navegación y los wireframes aseguran que la estructura de la app sea clara, funcional y alineada con los objetivos establecidos en las fases anteriores del proyecto.

Se elaboraron recursos visuales utilizando herramientas como Photoshop, Blender. La creación de estos recursos incluyó el diseño de imágenes y gráficos en Photoshop, el modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender, y la implementación de elementos de línea gráfica para asegurar una coherencia visual en la aplicación. Estos recursos se desarrollaron con base a la revisión exhaustiva en internet que indicaba una preferencia por el género de aventura, y se integraron en la aplicación de Realidad Aumentada para enriquecer la experiencia de los usuarios y facilitar la difusión de la cultura Puruhá.



Gráfico 4. Logotipo con adobe-photoshop

Nota : Se elaboro el nombre de app y en si su representación textual



Gráfico 5. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 1

Blender Objeto 1:



Gráfico 6. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 1.

Nota : Modelo 3D Vasija Humanoide Puruhá



Se diseñaron y programaron los ambientes de Realidad Aumentada (R-A) para la difusión de piezas de cerámica de la cultura Puruhá. El diseño de los entornos se llevó a cabo en Unity (Figura 7 y 8), creando escenarios interactivos que permiten a los usuarios explorar las piezas de cerámica en un formato inmersivo. La programación se realizó utilizando Visual Studio Code (Figura 9), en combinación con Android JDK para Unity para asegurar la compatibilidad con dispositivos móviles. Vuforia fue empleado para el reconocimiento y seguimiento de imágenes, facilitando que los usuarios escanean los códigos QR (Figura 10) y accedan a la experiencia de R-A mediante sus tablets o celulares.

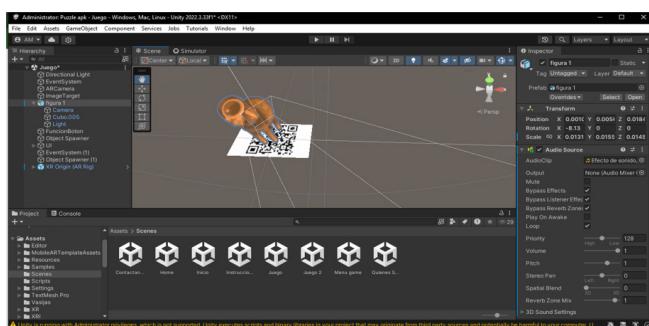


Gráfico 7. Elaboración de la experiencia de R-A y forma de la app en Unity

Nota: Se puede observar la posición de reconocimiento de objetos mediante Vuforia



Gráfico 8. Elaboración de la experiencia de R-A y forma de la app en Unity

Nota: Elaboración de entorno.

El diseño destaca por su organización clara de la información, lo que facilita la comprensión y el acceso rápido a los contenidos. La facilidad de navegación es otro aspecto clave, permitiendo a los usuarios encontrar lo que necesitan sin complicaciones. Estos elementos son fundamentales para garantizar una experiencia de usuario positiva, alineándose con los principios de usabilidad. La estructura coherente del diseño contribuye a que la información sea

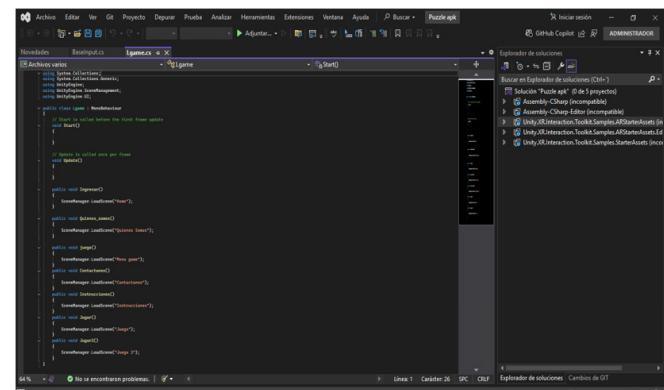


Gráfico 9. Programación utilizando Visual Studio Code para generar la lógica de programación para la app

Nota: Se programa una lógica básica para dar interactividad a los botones.



Gráfico 9. Código Qr generado para usar la experiencia en la App

Nota : Para la elaboración de este código Qr se usa la web <https://es.qr-code-generator.com/>

fácilmente comprendida y retenida. Estos aspectos aseguran una interacción más fluida y eficiente, mejorando la experiencia general del usuario.

En la Fase 3, correspondiente a la recolección de datos posterior a la aplicación de la realidad aumentada para la difusión de la cultura Puruhá, se implementó una evaluación post-test mediante encuestas virtuales a los usuarios. Este post-test, basado en un enfoque cuantitativo, se diseñó con el objetivo de medir diversos aspectos clave de la herramienta, tales como la legibilidad, la facilidad de navegación y la accesibilidad. Al tratarse de un método de investigación cuantitativa, el post-test permitió obtener datos numéricos que ayudaron a valorar el impacto

real de la realidad aumentada en la experiencia del usuario. A través de las encuestas, se buscaba identificar en qué medida la implementación de esta tecnología mejoró la interacción de los usuarios con el contenido cultural y si cumplió con sus expectativas.

La principal finalidad de este post-test fue comprobar si la aplicación de la realidad aumentada había influido de manera positiva en la percepción y experiencia general de los usuarios. A través de las respuestas obtenidas, se pudo evaluar no solo la efectividad de la herramienta en términos de su funcionalidad, sino también cómo los usuarios se sintieron al interactuar con ella. Este análisis permitió identificar fortalezas y debilidades del diseño, proporcionando información valiosa para futuros ajustes y mejoras en la plataforma. De esta manera, se garantizó que la tecnología utilizada cumpliera con su propósito educativo y cultural, facilitando una mejor experiencia de aprendizaje y difusión de la cultura Puruhá.

Resultados

Al analizar los resultados de la encuesta, se evidencia que la aplicación educativa sobre la cultura Puruhá ha logrado transmitir de manera efectiva los contenidos culturales, cumpliendo así con los objetivos planteados. Estos hallazgos respaldan las investigaciones de Echeverría (2000) sobre el potencial de las tecnologías emergentes para la enseñanza. No obstante, la inclusión de la realidad aumentada, como señalan Azuma (1997) y Sheridan (2009), presenta un gran potencial para enriquecer aún más la experiencia de aprendizaje.

Sin embargo, es necesario abordar algunas inconsistencias en la implementación del sonido y garantizar una mayor accesibilidad para optimizar el proceso

educativo, a continuación, se muestra los resultados agrupados en la siguiente tabla de datos:

La mejora de la accesibilidad, como el uso de texto alternativo, contrastes adecuados y opciones de navegación claras, puede hacer que la aplicación sea más amigable para personas con diversas discapacidades. Los usuarios tienen una percepción positiva sobre la aplicación, destacando su legibilidad, claridad en la navegación, y la adecuación de los efectos visuales y el tamaño del texto. Sin embargo, hay algunas áreas de mejora, como asegurar la presencia de sonido y aumentar la accesibilidad para diversos dispositivos. Implementar las recomendaciones proporcionadas podría mejorar aún más la experiencia del usuario y la eficacia educativa de la aplicación.

4. Conclusiones

El desarrollo de la aplicación educativa sobre la cultura Puruhá, empleando tecnologías de realidad aumentada (RA), ha resultado en un producto final que no sólo cumple con los objetivos educativos establecidos, sino que también exhibe altos niveles de usabilidad y aceptación entre los usuarios. La implementación de una metodología centrada en el usuario, apoyada en la investigación formativa, ha permitido un enfoque iterativo que facilitó la identificación de áreas de mejora y la optimización continua de la aplicación.

Nº	Pregunta	Resultado (%)	Implicaciones	Recomendaciones
1	¿La letra, los botones y cuadros de texto son legibles y claros?	83.3% Sí	Alta legibilidad mejora la UX	Mantener la coherencia tipográfica.
2	¿La aplicación cumple con su objetivo de enseñar de la cultura Puruhá?	80% Sí	Contenido educativo efectivo	Analizar las opiniones negativas para mejorar el contenido.
3	¿Los colores son los adecuados?	83.3% Sí	Paleta de colores adecuada	Mantener la coherencia cromática y asegurar contraste suficiente.
4	¿La app se carga de manera óptima?	80% Normal, 20% Muy rápida	Tiempos de carga aceptables	Optimizar aún más para dispositivos de menor capacidad.
5	¿Al navegar la app usted identifica claramente la sección u opción que está utilizando?	83.3% Sí	Navegación intuitiva	Mantener la jerarquía de información.
6	¿Los efectos visuales añaden funcionalidad a la app?	100% Sí	Efectos visuales funcionales	Continuar utilizando efectos visuales para mejorar la UX.
7	Describa el tamaño del texto	83.3% Adecuado	Tamaño de texto legible	Mantener la coherencia en el tamaño de fuente.
8	¿El uso de R-A es adecuado?	100% Sí	RA efectivo para el aprendizaje	Explorar nuevas aplicaciones de la RA en el contenido.
9	¿Existe sonido en la app?	60% No, 40% Sí	Inconsistencia en el uso de sonido	Establecer una estrategia clara para el uso de sonido.
10	¿Alguna Recomendación?	Variadas	Mejorar accesibilidad, compatibilidad, reducir protagonismo de la cámara	Implementar las recomendaciones de los usuarios.

Tabla 2. Tabla de datos con sus resultados

Nota : La tabla muestra una app efectiva, pero con áreas a mejorar en sonido, accesibilidad y optimización.



Este proyecto ha demostrado de manera efectiva la viabilidad del uso de tecnologías de RA en la educación, evidenciando su potencial para enriquecer la experiencia de aprendizaje. La integración de elementos interactivos y visuales no solo facilita la comprensión de conceptos culturales complejos, sino que también fomenta el interés y la motivación de los usuarios por explorar la rica herencia cultural de los Puruhá.

Los hallazgos destacan la importancia de aplicar metodologías de diseño centradas en el usuario en el desarrollo de herramientas educativas. Este enfoque asegura que las aplicaciones no solo sean funcionales, sino que también respondan a las necesidades y expectativas de los usuarios, lo cual es crucial para el éxito y la sostenibilidad de proyectos educativos en contextos digitales. Al involucrar al usuario en el diseño, se mejora la accesibilidad, la usabilidad y la efectividad de las herramientas, garantizando su adaptación a distintos contextos y audiencias.

La combinación de un diseño iterativo y un enfoque centrado en el usuario ha permitido crear una aplicación que no solo educa, sino que también inspira a los usuarios, contribuyendo así a la preservación y difusión de la cultura Puruhá en un formato accesible y atractivo. Este estudio aporta evidencias sobre la efectividad de las tecnologías emergentes en la educación cultural y plantea oportunidades futuras para la integración de la realidad aumentada en otras áreas educativas.

Agradecimientos

Agradecimiento a familiares de los autores de este trabajo de investigación quienes apoyan de forma indirecta al desarrollo y ejecución del mismo.

Contribución de los autores

Tatiana Janeth Bravo Cedeño: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Redacción – borrador original del artículo. Software. **Manuel David Isín Vilema:** Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Redacción – borrador original del artículo. **Edison Amador Miguez Gordillo:** Software, Análisis formal, Redacción – borrador original del artículo. **Geonatan Octavio Peñafiel Barros:** Software.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Apéndice o Anexo

A.1. Instrumento de investigación. Post test

PRUEBA DE USUARIO

B I U G R
Objetivo: Evaluar la aplicación Rikkunav y validar los patrones de interfaz de usabilidad aplicados en la misma.

1. La letra los botones y cuadros de textos son legibles y claros. *

Sí
 No

2. La aplicación cumple con su objetivo de enseñar de la cultura Puruhá. *

Sí
 No

3. Los colores son los adecuados. *

Sí
 No

4. La app se carga. *

Muy rápida
 Rápida
 Normal
 Lenta

5. Al navegar la app usted identifica claramente la sección u opción que está utilizando. *

Sí
 No

6. Los efectos visuales añaden funcionalidad a la app. *

Sí
 No

7. Describa el tamaño del texto. *

Demasiado pequeño
 Adecuado
 Demasiado grande

8. El uso de RA es adecuado. *

Sí
 No

9. Existe sonido en la app. *

Sí
 No

10. Recomendaciones *

Texto de respuesta larga

Referencias bibliográficas

- ARTivive. (s.f.). ARTivive – Aumenta tu arte con realidad aumentada. ARTivive. <https://artivive.com/>
- Azuma, R. T. (1997). Una revisión de la realidad aumentada. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Benyon, D., Turner, P., & Turner, S. (2005). Diseño de sistemas interactivos: Personas, actividades, contextos, tecnologías. Pearson Educación.
- Blender Foundation. (s.f.). Blender [Software]. <https://www.blender.org/>
- British Museum. (s.f.). Museum of the World. British Museum. <https://britishmuseum.withgoogle.com/>
- Dede, C. (2009). Interfaces inmersivas para la participación y el aprendizaje. *Science*, 323(5910), 66-69.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). De los elementos de diseño de juegos a la jugabilidad: Definiendo la “gamificación”. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15.
- Echeverría, J. (2000). Los señores del aire: Telépolis y el tercer entorno. Editorial Destino.
- Gomez, R., Fernández, M., & Torres, S. (2020). Accesibilidad en aplicaciones móviles: Principios y técnicas para diseñar para todos. *Revista de Tecnologías Inclusivas*, 5(2), 45-62.
- Google Arts & Culture. (s.f.). Explora las colecciones de museos de todo el mundo con Google Arts & Culture. Google.
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B., & Kaufman, J. (2015). Poniendo la educación en las aplicaciones “educativas”: Lecciones de la ciencia del aprendizaje. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3–34.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (2023). El impacto emocional del diseño en el aprendizaje: Teoría y práctica. *Educational Psychology Review*, 35(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09610-4>
- Lee, J., Park, M., & Kim, Y. (2022). Optimización del rendimiento de aplicaciones móviles en entornos de baja conectividad: Desafíos y soluciones. *Journal of Mobile Computing*, 38(4), 98-113. <https://doi.org/10.1109/JMCC.2022.3054571>
- Microsoft. (s.f.). Visual Studio Code [Software]. <https://code.visualstudio.com/>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). Una taxonomía de las pantallas visuales de realidad mixta. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Entornos de aprendizaje multimodal interactivos: Edición especial sobre entornos de aprendizaje interactivo: Cuestiones y tendencias contemporáneas. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326.
- Nielsen, J. (1993). Ingeniería de la usabilidad. Academic Press.
- Norman, D. A. (1988). El diseño de los objetos cotidianos. Basic Books.
- Paciello, M. G. (2000). Accesibilidad web para personas con discapacidades. CRC Press.
- Paivio, A. (1986). Representaciones mentales: Un enfoque de codificación dual. Oxford University Press.
- Prensky, M. (2001). Aprendizaje basado en juegos digitales. McGraw-Hill.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). Diseño de la interacción: Más allá de la interacción humano-computadora. John Wiley & Sons.
- QR Code Generator. (s.f.). Generador de códigos QR. QR Code Generator. Recuperado el 27 de noviembre de 2024
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). Manual de pruebas de usabilidad: Cómo planificar, diseñar y realizar pruebas efectivas. John Wiley & Sons.
- Schreiner, M. (2008). Realidad aumentada en museos y galerías de arte. *Journal of Cultural Heritage*, 9(3), 349–354.
- Shackel, B. (1991). Usabilidad-contexto, marco, definición, diseño y evaluación. En B. Shackel & S. J. Richardson (Eds.), Factores humanos para la usabilidad informática (pp. 21–37). Cambridge University Press.
- Sheridan, T. B. (2009). Reflexiones sobre la telepresencia y la presencia virtual. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(1), 120–126.
- Smartify. (s.f.). Smartify - La app para amantes de los museos. Smartify. <https://smartify.org/>
- Sweller, J. (1988). Carga cognitiva durante la resolución de problemas: Efectos sobre el aprendizaje. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Teoría de la carga cognitiva. Springer.
- UNICEF. (2017). Educación inclusiva: El derecho a la educación para los niños con discapacidades. UNICEF.
- Unity Technologies. (s.f.). Unity (versión 2020) [Software]. Unity Technologies. <https://unity.com/es>
- Vuforia PTC Inc. (s.f.). Vuforia [Software]. <https://www.ptc.com/es/products/augmented-reality/vuforia>
- Web Content Accessibility Guidelines (WCAG). (2023). W3C Web Accessibility Initiative. W3C. <https://www.w3.org/TR/WCAG21>

