
Diseñar e implementar una experiencia y una interfaz de usuario intuitiva y funcional para una aplicación de recorrido con realidad aumentada en el Parque Arqueológico Kaminaljuyú, con la finalidad de fomentar la interacción, el interés histórico y cultural así como la accesibilidad del patrimonio arqueológico

Josué Isaac Morales González



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Trabajo de graduación presentado por Josué Isaac Morales González
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias
de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2025

Vo.Bo.:

(f) _____
[NOMBRE DEL ASESOR]

Tribunal Examinador:

(f) _____
[NOMBRE DEL ASESOR]

(f) _____
[NOMBRE DEL PRIMER EXAMINADOR]

(f) _____
[NOMBRE DEL SEGUNDO EXAMINADOR]

Fecha de aprobación: Guatemala, _____ de _____ de 2025.

Prefacio

[CONTENIDO DEL PREFACIO - PERSONALIZAR SEGÚN TU PROYECTO]

Índice

Prefacio	III
Lista de figuras	V
Lista de cuadros	VI
Resumen	VII
Abstract	VIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
2.1. Trabajos previos relacionados	2
2.2. Tecnologías existentes	2
2.3. Limitaciones de los enfoques actuales	2
2.4. Oportunidades identificadas	2
3. Justificación	3
4. Objetivos	5
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos específicos	5
5. Alcance	6
5.1. Alcance del proyecto	6
5.2. Limitaciones	6
5.3. Supuestos	6
5.4. Restricciones	6
5.5. Entregables	6
6. Marco teórico	7
6.1. Realidad Aumentada como Herramienta para la Mediación del Patrimonio Cultural	7

6.2. Principios de Experiencia de Usuario (UX) y Diseño de Interfaz de Usuario (UI)	7
6.3. Contexto Espacial y Diseño Interactivo	8
7. Metodología	9
7.1. Investigación de usuarios	9
7.2. Definición de requerimientos	9
7.3. Diseño de prototipos	10
7.4. Implementación técnica	10
7.5. Pruebas de usabilidad	10
7.6. Elaboración de reporte de implementación	10
8. Resultados	11
8.1. Prototipos desarrollados	11
8.1.1. Prototipos de alta fidelidad	11
8.2. Aplicación implementada	11
8.2.1. Pantalla principal e inicio	11
8.2.2. Instrucciones y términos de uso	11
8.2.3. Modos de recorrido	12
8.2.4. Integración de realidad aumentada	12
8.2.5. Contenido informativo y educativo	12
8.2.6. Navegación y orientación espacial	13
8.3. Funcionalidades implementadas	13
8.4. Pruebas de usabilidad	14
8.4.1. Resultados de las pruebas	15
8.5. Validación de objetivos	15
8.5.1. Áreas de mejora identificadas	16
9. Análisis de resultados	23
9.1. Interpretación de los resultados	23
9.2. Comparación con objetivos planteados	23
9.3. Fortalezas de la solución	23
9.4. Limitaciones encontradas	23
9.5. Lecciones aprendidas	23
9.6. Impacto del proyecto	23
10. Discusión de resultados	24
10.1. Discusión de hallazgos principales	24
10.2. Implicaciones teóricas	24
10.3. Implicaciones prácticas	24
10.4. Comparación con trabajo relacionado	24
10.5. Contribuciones del trabajo	24
10.6. Limitaciones del estudio	24
11. Bibliografía	25

12. Anexos	26
12.1. Anexo A: Código fuente	26
12.2. Anexo B: Diagramas técnicos	26
12.3. Anexo C: Documentación adicional	26
12.4. Anexo D: Datos experimentales	26

Lista de figuras

1.	Prototipo de alta fidelidad - Pantallas principales de la aplicación	12
2.	Prototipo de alta fidelidad - Flujo de navegación y menús	13
3.	Prototipo de alta fidelidad - Interfaz de realidad aumentada	14
4.	Prototipo de alta fidelidad - Mapa interactivo y geolocalización	15
5.	Prototipo de alta fidelidad - Pantallas de información y contenido	16
6.	Prototipo de alta fidelidad - Configuraciones y opciones adicionales	17
7.	Pantalla principal de la aplicación con acceso a las funcionalidades principales	18
8.	Pantalla de instrucciones para el uso de la aplicación	18
9.	Pantalla de términos y condiciones	19
10.	Pantalla de inicio de recorrido con opciones de navegación	19
11.	Vista de realidad aumentada mostrando punto de interés arqueológico	20
12.	Vista alternativa de punto de interés con información contextual	21
13.	Pantalla de información detallada de montículo arqueológico	21
14.	Pantalla final del recorrido mostrando último punto de interés	22
15.	Pantalla de retorno al punto de inicio del recorrido	22

Lista de cuadros

Resumen

Este proyecto diseñó e implementó una aplicación de recorrido con Realidad Aumentada (RA) orientada al Parque Arqueológico Kaminaljuyú, con el objetivo de mejorar la experiencia del visitante a través de una interfaz intuitiva, accesible y visualmente atractiva. Frente a la falta de señalización contextualizada y la escasa conexión emocional con el sitio, se planteó una solución tecnológica basada en principios de diseño centrado en el usuario (UX) y diseño de interfaz (UI), que permitió enriquecer la interpretación del patrimonio arqueológico.

A través de la integración de elementos digitales superpuestos sobre el entorno físico, la aplicación facilitó la comprensión histórica de los montículos y estructuras del parque, al tiempo que promovió la interacción activa del visitante. La metodología empleada contempló fases de investigación con usuarios reales, definición de requerimientos, prototipado iterativo, desarrollo técnico y pruebas de usabilidad, todo ello enfocado en garantizar una experiencia fluida, inclusiva y culturalmente significativa. Este enfoque logró fortalecer la conexión del usuario con el pasado precolombino, y estableció un modelo replicable para la aplicación de tecnologías emergentes en contextos patrimoniales desde la perspectiva del diseño UX/UI.

Abstract

This project designed and implemented an augmented reality (AR) tour application for the Kaminaljuyú Archaeological Park, aiming to enhance the visitor experience through an intuitive, accessible, and visually appealing interface. In response to the lack of contextual signage and limited emotional connection to the site, a technological solution was developed based on user-centered design (UX) and user interface (UI) principles to enrich the interpretation of the archaeological heritage.

By integrating digital elements over the physical environment, the application facilitated historical understanding of the park's mounds and structures, while promoting active visitor engagement. The methodology involved user research, requirements definition, iterative prototyping, technical development, and usability testing –all focused on delivering a seamless, inclusive, and culturally meaningful experience. This approach successfully strengthened the connection between users and the pre-Columbian past and established a replicable model for applying emerging technologies in heritage contexts from a UX/UI design perspective.

CAPÍTULO 1

Introducción

El Parque Arqueológico Kaminaljuyú, ubicado en el corazón de la Ciudad de Guatemala, constituye uno de los sitios más representativos de la civilización maya del período preclásico. A pesar de su valor histórico, arqueológico y cultural, el parque enfrentaba desafíos importantes en cuanto a su interpretación y difusión al público general. La escasa señalización, la falta de contextualización accesible para diversos perfiles de visitantes y la ausencia de herramientas didácticas modernas provocaban una experiencia que resultaba fragmentada y limitada, especialmente para quienes no poseían conocimientos previos sobre la cultura maya.

En este contexto, se identificó que el diseño de experiencias centradas en el usuario (UX) y de interfaces de usuario (UI) que fueran intuitivas, visualmente atractivas y funcionales adquiría un rol esencial para transformar la forma en que se interactúa con el patrimonio arqueológico. La incorporación de tecnologías emergentes, como la Realidad Aumentada (RA), abrió nuevas posibilidades para crear entornos inmersivos que facilitaran la comprensión del entorno físico y su valor histórico. A través de elementos visuales superpuestos al mundo real, la RA permitió reconstruir virtualmente estructuras, narrar historias y ofrecer datos clave en tiempo real, enriqueciendo la exploración del parque de manera significativa.

Este proyecto desarrolló una aplicación de recorrido con tecnología de Realidad Aumentada, diseñada específicamente para Kaminaljuyú, con el objetivo de mejorar la experiencia de los visitantes. El enfoque combinó principios de diseño centrado en el usuario, accesibilidad y usabilidad, buscando fomentar la interacción activa, el interés por el pasado precolombino y el aprecio por el patrimonio cultural del país. Además de facilitar una navegación más informada y atractiva por el parque, la solución logró democratizar el acceso al conocimiento arqueológico, brindando a los usuarios una experiencia educativa y memorable, alineada con las necesidades de los públicos contemporáneos.

CAPÍTULO 2

Antecedentes

2.1. Trabajos previos relacionados

[Describe trabajos, investigaciones o proyectos anteriores relacionados con tu tema]

2.2. Tecnologías existentes

[Menciona las tecnologías, herramientas o metodologías que ya existen en tu área]

2.3. Limitaciones de los enfoques actuales

[Explica qué limitaciones tienen las soluciones existentes]

2.4. Oportunidades identificadas

[Describe las oportunidades que has identificado para mejorar o innovar]

CAPÍTULO 3

Justificación

La preservación y divulgación del patrimonio arqueológico requerían de enfoques innovadores que lograran conectar con las audiencias contemporáneas. En el caso del Parque Arqueológico Kaminaljuyú, uno de los sitios más relevantes de la civilización maya preclásica, persistía una brecha entre el valor histórico del lugar y la manera en que dicho valor era percibido y comprendido por el visitante promedio. Esta desconexión se debía, en gran parte, a la falta de herramientas interpretativas accesibles, visuales y dinámicas que facilitaran la apropiación del conocimiento cultural, tal como señalaron **gutierrez2011visor** al indicar que la ausencia de recursos virtuales integrados con los elementos reales generaba una significativa brecha interpretativa.

La Realidad Aumentada (RA) había emergido como una tecnología capaz de transformar la interacción entre los usuarios y su entorno físico, integrando contenidos virtuales que enriquecían la experiencia educativa, cultural y turística. Su aplicación en espacios patrimoniales no solo permitía visualizar estructuras antiguas o reconstrucciones históricas, sino que también favorecía la preservación digital del legado cultural y su difusión entre públicos más jóvenes y tecnológicamente familiarizados [5].

En este contexto, el presente proyecto propuso el diseño e implementación de una aplicación de recorrido con RA que respondiera a principios de diseño centrado en el usuario. La iniciativa no se limitó a incorporar tecnología de forma superficial, sino que priorizó la creación de una experiencia coherente y funcional a través de una interfaz de usuario (UI) intuitiva y estética, pensada para facilitar la navegación, el acceso al contenido y la conexión emocional con el sitio arqueológico. Al mismo tiempo, el sistema debía proporcionar a los visitantes del museo o espacio patrimonial una interfaz intuitiva de manera que los usuarios pudieran interactuar con los contenidos digitales de manera fácil y natural, así como lo harían con objetos en el mundo real "**wojciechowski2004building**".

Asimismo, el enfoque metodológico del proyecto contempló la iteración constante mediante pruebas de usabilidad con usuarios reales, lo cual permitió validar y mejorar las decisiones de diseño basadas en datos empíricos, tal como recomendaron **quinones2018methodology**, quienes propusieron complementar las evaluaciones heurísticas con tests de usuario y refinar el sistema según la retroalimentación obtenida. Esta estrategia aseguró que la solución final no solo fuera técnicamente viable, sino también relevante, inclusiva y culturalmente pertinente.

nente. De esta manera, se contribuyó tanto al fortalecimiento de la experiencia museográfica del parque como al desarrollo de nuevas formas de acceso al patrimonio mediante tecnología accesible, pedagógica y atractiva.

CAPÍTULO 4

Objetivos

4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar una experiencia y una interfaz de usuario intuitiva y funcional para una aplicación de recorrido con realidad aumentada en el Parque Arqueológico Kaminaljuyú, con la finalidad de fomentar la interacción, el interés histórico y cultural así como la accesibilidad del patrimonio arqueológico.

4.2. Objetivos específicos

- Analizar las características y necesidades de los visitantes del parque para establecer los requerimientos de diseño e implementación basados en sus perfiles y expectativas.
- Investigar y aplicar mejores prácticas de UX/UI para tecnologías de realidad aumentada, en la construcción de prototipos y en la posterior implementación de la aplicación.
- Probar y validar la usabilidad en las etapas de desarrollo de prototipos así como luego de la implementación técnica a través de pruebas con usuarios reales, recopilando datos que permitan iterar y perfeccionar la experiencia de uso.
- Desarrollar una guía de implementación y recomendaciones de mejora que, además de responder a las necesidades tecnológicas, promuevan la preservación y divulgación cultural de Kaminaljuyú.

CAPÍTULO 5

Alcance

5.1. Alcance del proyecto

[Define claramente qué incluye tu proyecto]

5.2. Limitaciones

[Especifica qué NO incluye tu proyecto y por qué]

5.3. Supuestos

[Lista los supuestos bajo los cuales desarrollarás tu proyecto]

5.4. Restricciones

[Menciona las restricciones técnicas, temporales, económicas o de otro tipo]

5.5. Entregables

[Lista los productos finales que entregarás al completar el proyecto]

CAPÍTULO 6

Marco teórico

6.1. Realidad Aumentada como Herramienta para la Mediación del Patrimonio Cultural

La Realidad Aumentada (RA) se había consolidado como una herramienta poderosa para la interpretación y mediación del patrimonio cultural. Su capacidad para superponer elementos digitales en tiempo real sobre el entorno físico permitía ofrecer nuevas formas de explorar, aprender y conectar con sitios históricos. En particular, permitía crear experiencias interactivas que iban más allá de la simple observación, fomentando una participación activa del visitante en la reconstrucción y comprensión del pasado. Estas experiencias, al combinar información textual, visual y auditiva, promovían un aprendizaje multisensorial que respondía a las distintas formas de percepción y comprensión del usuario.

En sitios como Kaminaljuyú, donde gran parte de las estructuras originales habían sido erosionadas por el tiempo o estaban fragmentadas, la RA cumplía una función de restauración virtual", al posibilitar la visualización de contextos arqueológicos en su estado original o hipotético. Esto no solo enriquecía la visita, sino que también democratizaba el acceso al conocimiento al eliminar barreras interpretativas que solían estar presentes en espacios museográficos tradicionales. Sin embargo, la eficacia de la RA como mediadora cultural no se encontraba únicamente en su capacidad tecnológica, sino en el modo en que esta tecnología se diseñaba e implementaba para el usuario final [1]. La mediación efectiva requería una narrativa cohesionada, una integración visual armónica con el entorno y una accesibilidad funcional que contemplara la diversidad de perfiles de los visitantes.

6.2. Principios de Experiencia de Usuario (UX) y Diseño de Interfaz de Usuario (UI)

La integración exitosa de tecnología RA en entornos patrimoniales no podía desvincularse del diseño centrado en el usuario (DCU), ya que el objetivo principal era facilitar la comprensión del contenido y generar una experiencia significativa. Este enfoque reconocía que las personas interactuaban con los sistemas tecnológicos desde diversos niveles de co-

nocimiento, expectativas y habilidades. Por ello, diseñar una experiencia de usuario eficaz implicaba considerar desde el inicio aspectos como la accesibilidad, la claridad del flujo de navegación, el tiempo de respuesta del sistema y la estética de la interfaz.

En este contexto, el diseño de UX se enfocaba en garantizar que la interacción fuera intuitiva, agradable y que mantuviera la atención del visitante, mientras que el diseño de UI se encargaba de traducir esa experiencia en elementos visuales consistentes y funcionales. El equilibrio entre estos dos componentes era crucial, especialmente en contextos donde el usuario se desplazaba físicamente por el espacio, como ocurría en parques arqueológicos [2].

Para el caso de Kaminaljuyú, esto implicaba una interfaz que no solo fuera informativa y visualmente armónica, sino que también se adaptara al entorno físico real. Esto se logró mediante el uso de íconos reconocibles, navegación guiada basada en la geolocalización del usuario, alertas contextuales sobre puntos de interés y la personalización del contenido según el perfil del visitante (por ejemplo, nivel educativo o idioma). Según [3], una arquitectura de la información bien estructurada era esencial para evitar la sobrecarga cognitiva y facilitar una experiencia fluida. Asimismo, [4] destacaron la importancia de integrar recorridos optimizados que respondieran a distintos intereses, como el histórico, educativo o turístico.

6.3. Contexto Espacial y Diseño Interactivo

En aplicaciones de RA, el diseño no se limitaba a lo visual: se trataba también de definir cómo y cuándo ocurría la interacción con el contenido digital. La colocación espacial de objetos aumentados, el momento exacto de aparición y la forma en que se invitaba al usuario a interactuar eran aspectos determinantes para una experiencia exitosa. Aquí entraba en juego el diseño contextual, que permitía adaptar la experiencia a las condiciones específicas del entorno —iluminación, ruido, obstáculos físicos— y del usuario —como edad, movilidad, conocimiento previo.

Tecnologías como ARCore Geospatial API permitían anclar contenido digital en ubicaciones geográficas precisas, pero su verdadero valor se manifestaba cuando esa precisión se traducía en una experiencia narrativa coherente. Por ejemplo, al llegar a una estructura parcialmente conservada, el sistema podía superponer una reconstrucción digital solo si detectaba que el usuario estaba en el ángulo adecuado y que había completado cierta secuencia lógica del recorrido. Este tipo de microinteracciones no solo enriquecían la experiencia, sino que también fomentaban una exploración activa y no lineal del sitio [5].

Un diseño bien logrado lograba que el contenido digital pareciera una extensión natural del entorno, sin distracciones ni rupturas en la experiencia. Para ello, era fundamental que el sistema respondiera con fluidez, minimizara los errores de anclaje y se mantuviera funcional incluso con limitaciones de conectividad o condiciones ambientales adversas. El desafío no era únicamente tecnológico, sino también narrativo y humano: transformar datos arqueológicos en historias vivas, accesibles y memorables.

CAPÍTULO 7

Metodología

Esta investigación siguió una metodología cualitativa basada en el enfoque de diseño centrado en el usuario. Este enfoque buscó que algunas personas que usarían la aplicación participaran en las distintas etapas del proyecto, para asegurar que el resultado final se adaptara bien a sus necesidades, expectativas y capacidades. El objetivo fue crear una aplicación de recorrido con Realidad Aumentada (RA) para el Parque Arqueológico Kaminaljuyú que fuera fácil de usar, llamativa y útil. A continuación, se describen las etapas del proceso:

7.1. Investigación de usuarios

La primera etapa consistió en conocer mejor a los visitantes del parque y entender cómo era actualmente su experiencia. Para ello se utilizaron dos métodos principales:

- **Observaciones en campo**, donde se anotó cómo se comportaban los visitantes, por dónde caminaban, qué lugares llamaban más su atención y cómo interactuaban con el entorno.
- **Entrevistas semiestructuradas**, que se realizaron a distintos tipos de visitantes para conocer qué esperaban de su visita, qué les interesaba, qué dificultades encontraban y qué opinaban del parque.

Luego, toda esta información se organizó y se buscaron patrones o ideas comunes que ayudaron a definir mejor el diseño de la aplicación.

7.2. Definición de requerimientos

Con base en los hallazgos anteriores, se establecieron los requerimientos que debía cumplir la aplicación. Estos se dividieron en:

- **Requerimientos funcionales**, es decir, lo que la aplicación debía hacer.
- **Requerimientos de diseño**, que tenían que ver con la experiencia de uso y la apariencia.

7.3. Diseño de prototipos

En esta fase se realizaron versiones iniciales del diseño de la aplicación, primero más simples (baja fidelidad) y luego más completas (alta fidelidad), usando herramientas como Figma. Esto incluyó:

- La organización del contenido y navegación.
- El diseño visual, eligiendo colores, letras y botones que transmitieran sensaciones como calma, interés o claridad.
- La simulación de recorridos, para imaginar cómo usaría una persona la app durante su visita y comprobar que todo estuviera bien ordenado.

7.4. Implementación técnica

Esta etapa incluyó la programación de la aplicación utilizando tecnologías de RA. Aquí se desarrolló la app usando la API Geoespacial de ARCore, lo que permitió colocar modelos en 3D en lugares reales dentro del parque, como los montículos. También se cuidó que la app funcionara bien en celulares y que cargara rápido.

7.5. Pruebas de usabilidad

Durante y después del desarrollo se realizaron pruebas con usuarios reales para comprobar si la aplicación era clara, útil y agradable. Se llevaron a cabo:

- **Pruebas en el parque**, con personas que usaron versiones preliminares de la app.
- **Observaciones y entrevistas** después del uso para saber qué funcionó y qué se podía mejorar.
- **Revisión de métricas básicas**, como cuánto tiempo usaban la app, si lograban completar los recorridos o si encontraban errores.

Los resultados permitieron hacer cambios y mejorar el diseño antes de finalizar el proyecto.

7.6. Elaboración de reporte de implementación

Como cierre, se elaboró un reporte que recopiló:

- Todo el proceso de diseño y desarrollo de la app.
- Las prácticas que funcionaron bien en cuanto a experiencia de usuario e interfaz.
- Consejos para futuras versiones y para aplicar esta solución en otros parques o sitios culturales.

CAPÍTULO 8

Resultados

El desarrollo e implementación de la aplicación de recorrido con Realidad Aumentada (RA) para el Parque Arqueológico Kaminaljuyú permitió validar la efectividad del diseño centrado en el usuario (UX/UI) aplicado a contextos patrimoniales. A lo largo del proceso se evidenció que la integración entre los elementos técnicos, visuales y funcionales tuvo un impacto directo en la comprensión y el interés del usuario hacia el contenido arqueológico.

8.1. Prototipos desarrollados

8.1.1. Prototipos de alta fidelidad

Durante las fases de diseño se desarrollaron prototipos detallados que definieron la estructura visual y funcional de la aplicación. Estos prototipos sirvieron como base para la implementación técnica y permitieron validar las decisiones de diseño antes del desarrollo.

8.2. Aplicación implementada

Durante las fases de diseño y pruebas, la interfaz se consolidó como un componente clave en la experiencia del visitante. Las pantallas principales demostraron una estructura clara y coherente con los principios de usabilidad.

8.2.1. Pantalla principal e inicio

La pantalla principal proporciona acceso directo a las funcionalidades del recorrido, con una interfaz que refleja la identidad cultural del sitio arqueológico.

8.2.2. Instrucciones y términos de uso

El flujo de onboarding incluye instrucciones claras y términos y condiciones que facilitan la comprensión del funcionamiento de la aplicación.

8.2.3. Modos de recorrido

Los modos de recorrido —"Tour Guiadoz "Tour Libre"— respondieron adecuadamente a las diferentes preferencias de exploración del usuario, brindando tanto estructura como libertad de descubrimiento.

8.2.4. Integración de realidad aumentada

En cuanto a la integración de la RA, los modelos tridimensionales de los montículos (como los identificados C-II-3 y C-II-5) lograron representar de forma intuitiva las estructuras arqueológicas, permitiendo visualizar reconstrucciones volumétricas sobre el entorno real.

8.2.5. Contenido informativo y educativo

El botón de información asociado a cada punto de interés permitió acceder a fichas arqueológicas detalladas que incluían historia, características y significado cultural, reforzando la conexión entre la tecnología y la educación patrimonial.

8.2.6. Navegación y orientación espacial

La incorporación de mapas interactivos con geolocalización facilitó la orientación espacial dentro del parque, guiando al usuario hacia los puntos de interés mediante indicadores visuales y mensajes contextuales.

8.2.7. Contenido informativo y educativo

El botón de información asociado a cada punto de interés permitió acceder a fichas arqueológicas detalladas que incluían historia, características y significado cultural, reforzando la conexión entre la tecnología y la educación patrimonial.

8.2.8. Navegación y orientación espacial

La incorporación de mapas interactivos con geolocalización facilitó la orientación espacial dentro del parque, guiando al usuario hacia los puntos de interés mediante indicadores visuales y mensajes contextuales.

8.3. Funcionalidades implementadas

La correcta anclación de los objetos digitales mediante la API Geoespacial de ARCore evidenció un desempeño técnico estable en entornos controlados. Las funcionalidades principales incluyen:

- **Navegación por realidad aumentada:** Visualización de reconstrucciones 3D de montículos arqueológicos superpuestas al entorno real
- **Sistema de geolocalización:** Posicionamiento preciso dentro del parque usando ARCore Geospatial API
- **Modos de recorrido:** "Tour Guiadoz "Tour Libre" para diferentes preferencias de exploración

- **Contenido contextual:** Fichas arqueológicas detalladas con información histórica y cultural
- **Interfaz intuitiva:** Diseño centrado en el usuario con tipografía legible y paleta cromática cálida
- **Sistema de notificaciones:** Avisos contextuales como "Montículo muy cerca" para orientación dinámica
- **Mapas interactivos:** Orientación espacial con indicadores visuales y mensajes contextuales

8.4. Pruebas de usabilidad

En las pruebas de usabilidad, los usuarios destacaron la facilidad de navegación y la claridad del flujo de interacción, lo cual confirmó la pertinencia del enfoque iterativo del diseño. Las observaciones permitieron identificar áreas de mejora, principalmente relacionadas con la precisión de los anclajes en entornos amplios y la necesidad de ampliar los contenidos multimedia, como audio o video interpretativo, para enriquecer la experiencia sensorial.

8.4.1. Resultados de las pruebas

Los resultados indicaron una alta aceptación de la aplicación como herramienta educativa e interpretativa. Los usuarios validaron la efectividad de:

- La elección de tipografía legible y iconografía representativa del contexto cultural
- La estructura clara y coherente con los principios de usabilidad
- La facilidad de navegación entre diferentes secciones de la aplicación
- La comprensión intuitiva de las funcionalidades de realidad aumentada

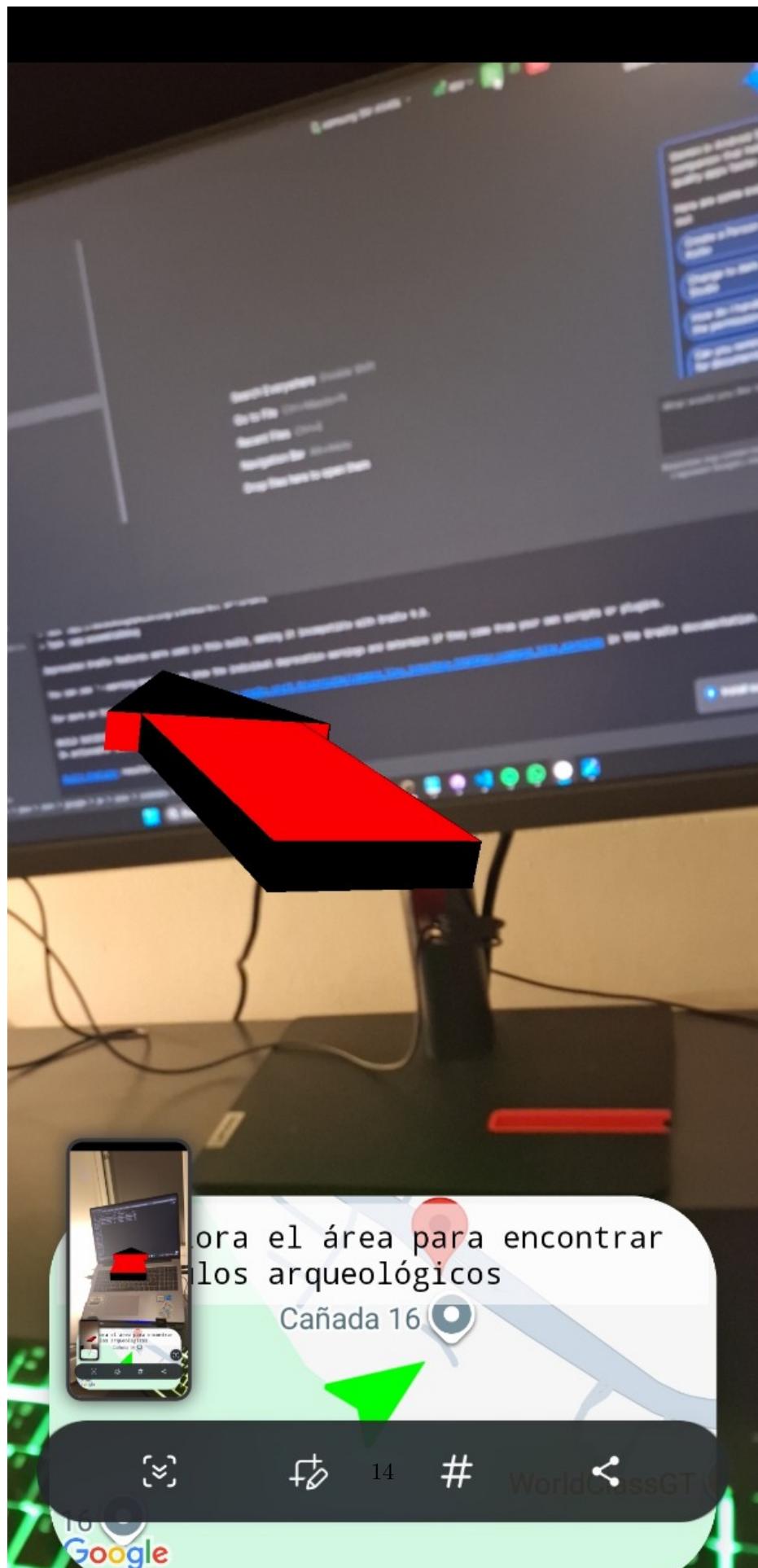
8.5. Validación de objetivos

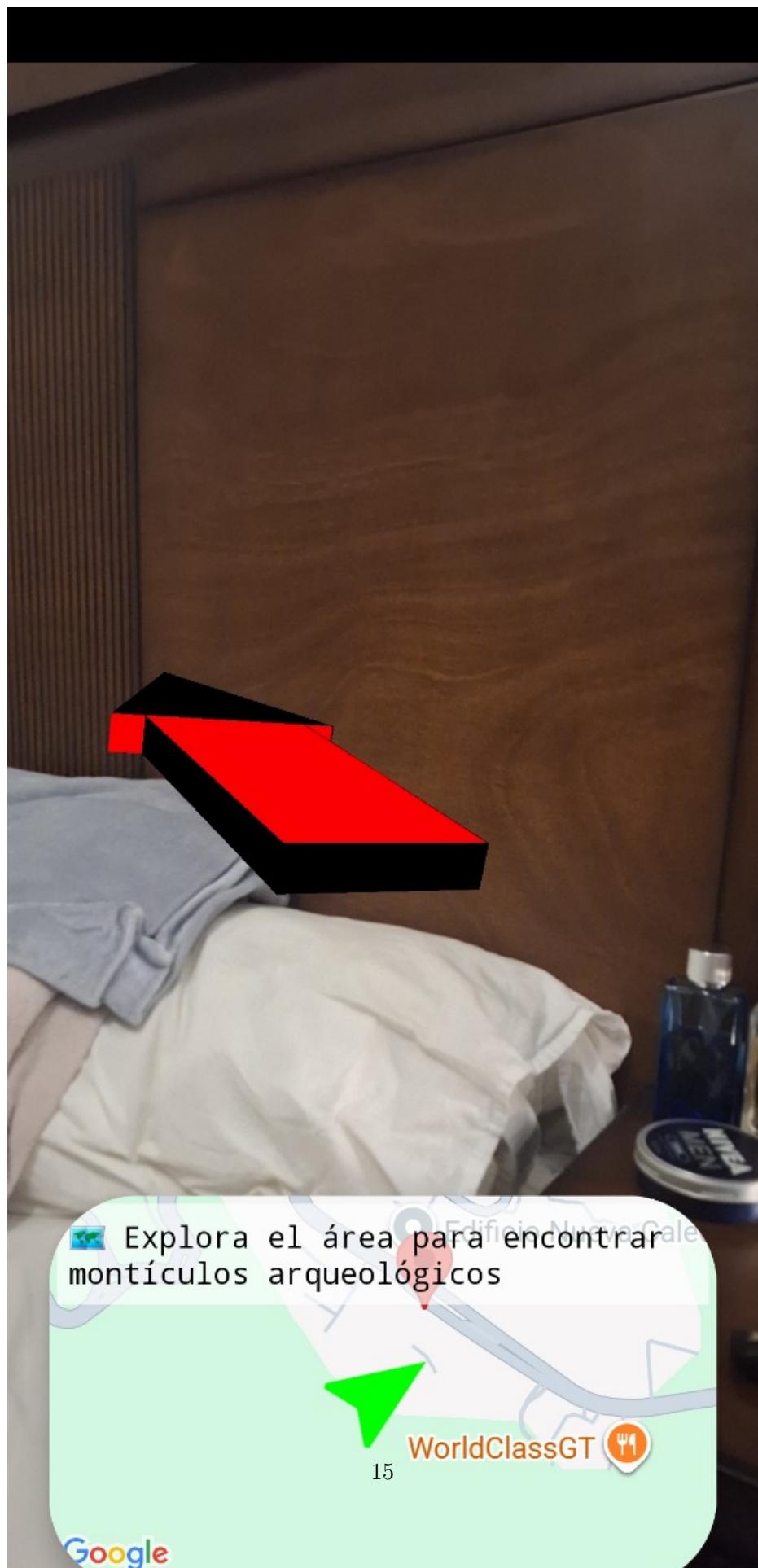
En términos generales, los resultados obtenidos validaron los objetivos planteados en el protocolo. La aplicación logró integrar eficazmente los principios de UX/UI con tecnologías emergentes, ofreciendo una experiencia inclusiva, visualmente atractiva y culturalmente significativa. Además, el proyecto demostró el potencial de la RA como medio de mediación patrimonial en Guatemala, estableciendo un precedente replicable para futuros desarrollos en otros sitios arqueológicos y museos.

8.5.1. Áreas de mejora identificadas

Se identificó la necesidad de optimizar el sistema para:

- Condiciones de conectividad variables en entornos exteriores
- Iluminación desigual que afecta el rendimiento de la RA
- Precisión de anclajes en entornos amplios del parque
- Incorporación de contenidos multimedia adicionales (audio, video interpretativo)







figuras/resultados/prototipos/Prototipo de alta fidelidad2.jpeg

Figura 3: Prototipo de alta fidelidad - Interfaz de realidad aumentada

Bienvenidos al
Parque Arqueológico

Kaminaljuyú



Tour Guiado



Tour Libre



Instrucciones de Uso



Términos y Condiciones





Instrucciones de Uso

1. Selecciona 'Tour Guiado' o 'Tour Libre' desde el menú principal.
2. Si eliges 'Tour Guiado', sigue la ruta recomendada para una mejor experiencia.
3. Apunta tu dispositivo hacia los puntos de interés para activar las escenas de realidad aumentada.
4. Utiliza el botón de información para conocer detalles históricos de cada estructura.
5. En cualquier momento, puedes consultar las 'Instrucciones de Uso' o los 'Términos y Condiciones' desde el menú principal.

¡Disfruta tu recorrido por Kaminaljuyú!

Bienvenidos al
Parque
Arqueológico
Kaminaljuy
u

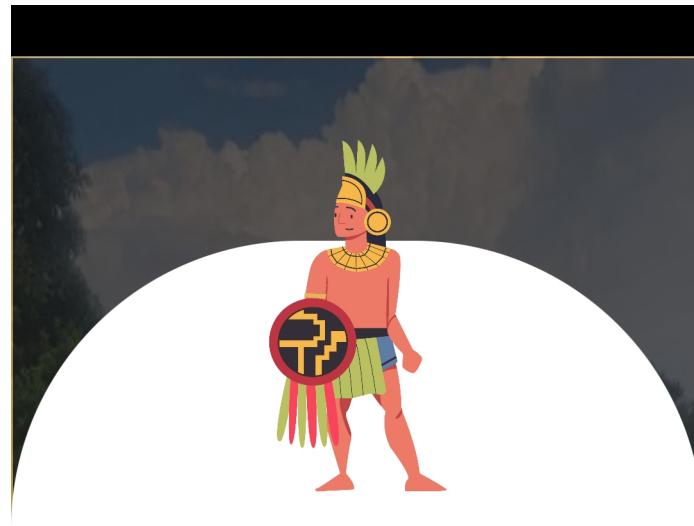


• Tour Guiado

• Tour Libre

• Instrucciones de uso

• Términos y Condiciones



**Bienvenidos al
Parque Arqueológico
Kaminaljuyú**

Tour Guiado ►

Tour Libre ►

**Instrucciones
de Uso**

**Términos y
Condiciones**

Figura 7: Pantalla principal de la aplicación con acceso a las funcionalidades principales



Figura 8: Pantalla de instrucciones para el uso de la aplicación



Figura 9: Pantalla de términos y condiciones

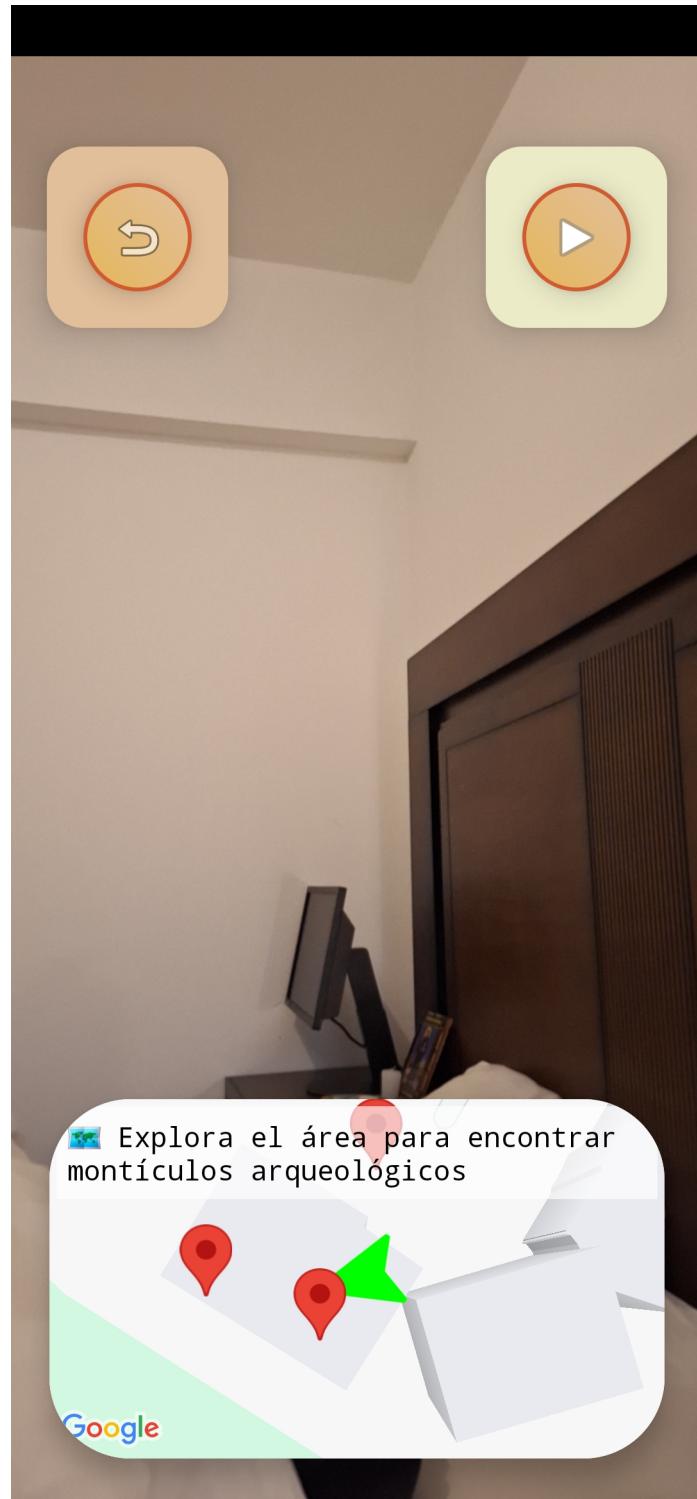


Figura 10: Pantalla de inicio de recorrido con opciones de navegación

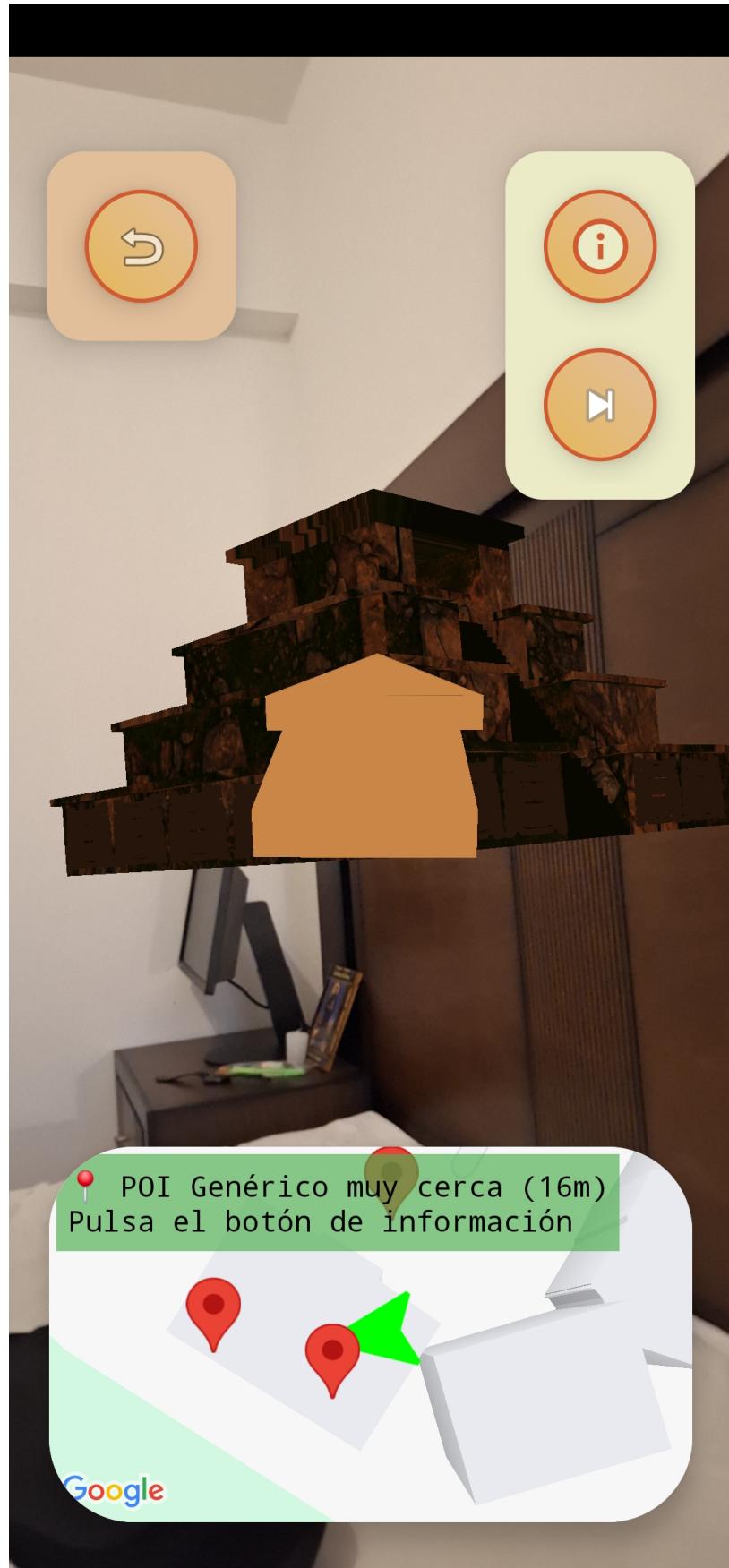


Figura 11: Vista de realidad aumentada mostrando punto de interés arqueológico

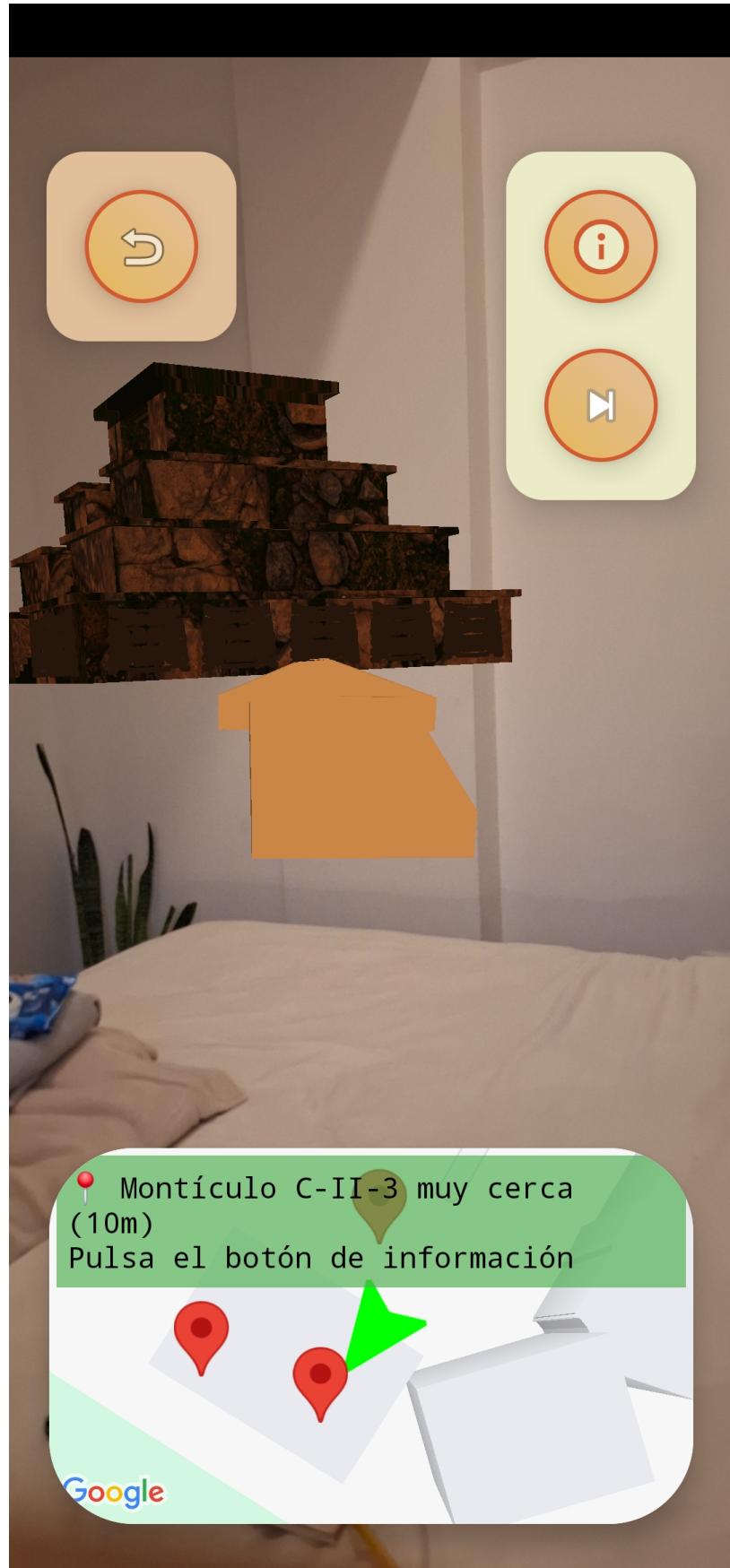


Figura 12: Vista alternativa de punto de interés con información contextual



Figura 13: Pantalla de información detallada de montículo arqueológico

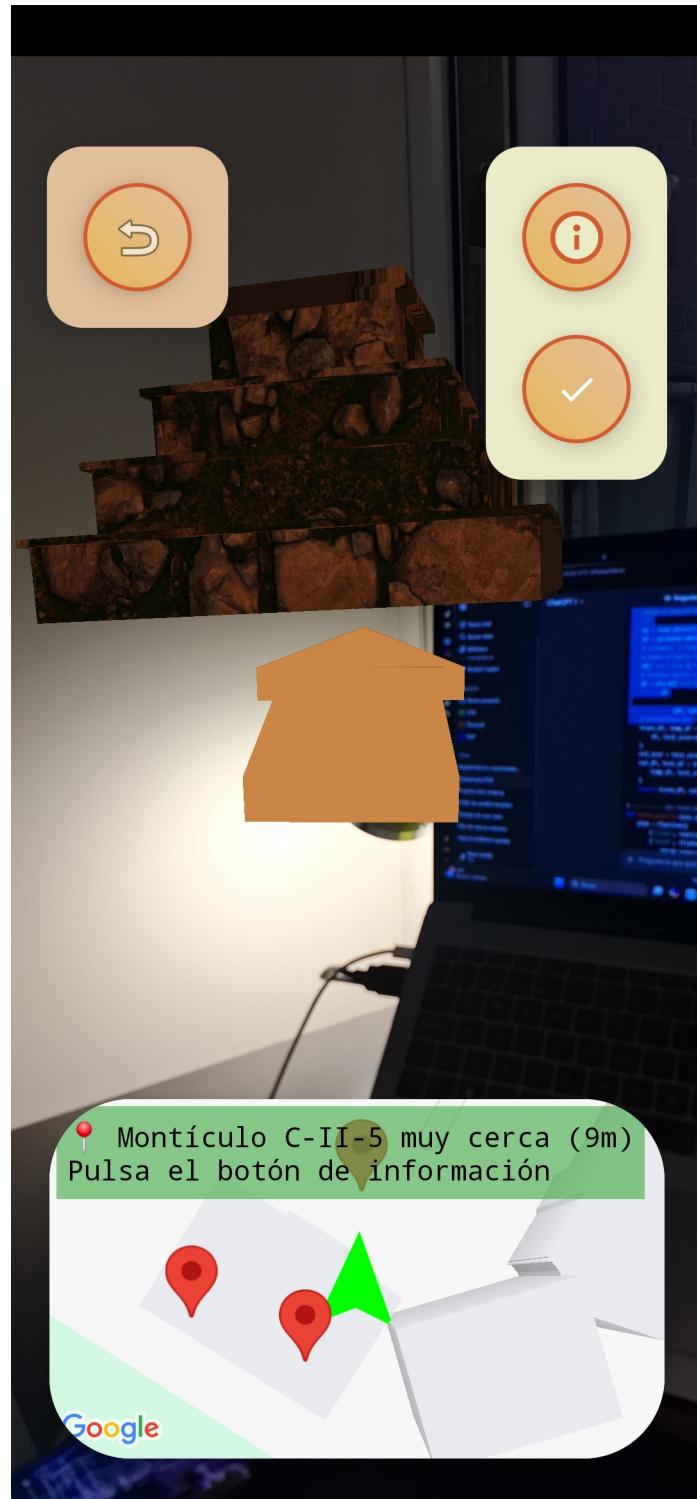


Figura 14: Pantalla final del recorrido mostrando último punto de interés

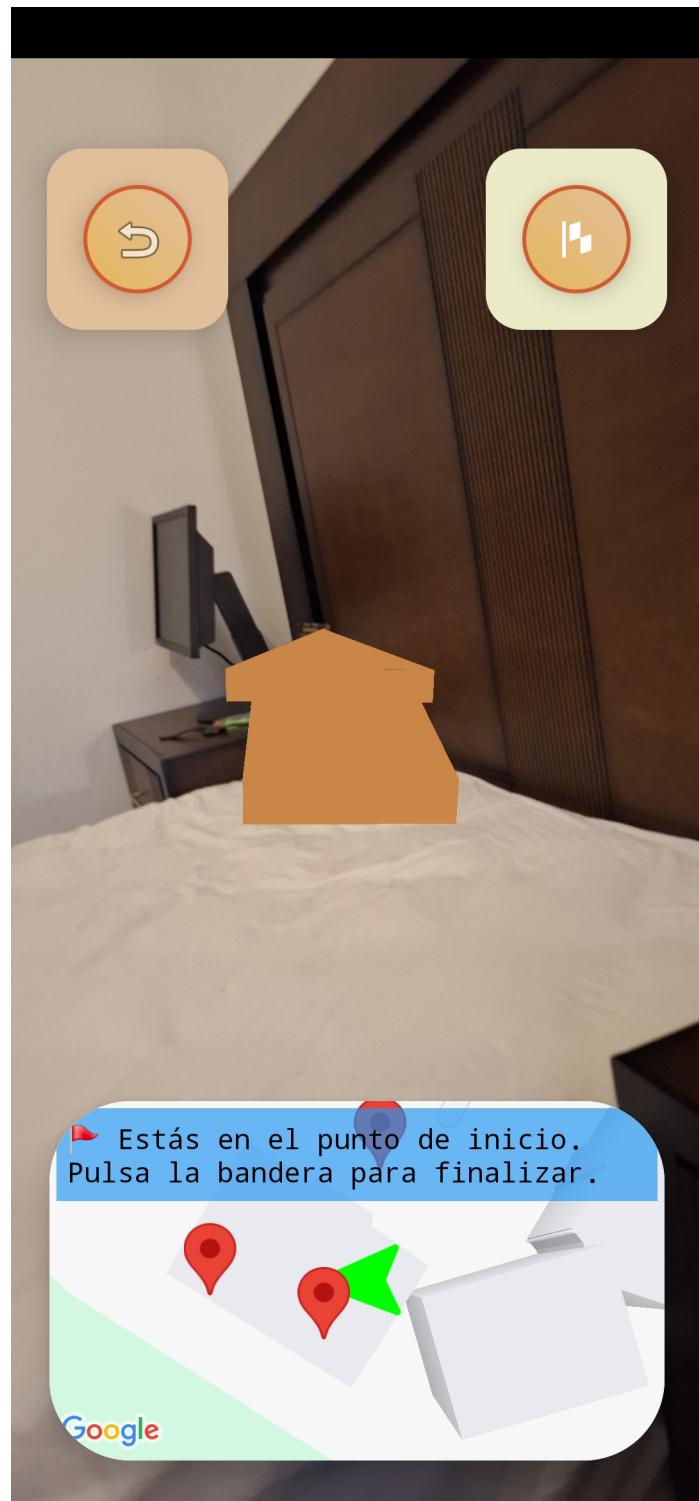


Figura 15: Pantalla de retorno al punto de inicio del recorrido



resultados/capturas-app/poi de referencia.jpg

Figura 16: Vista de realidad aumentada mostrando punto de interés arqueológico



Figura 17: Vista alternativa de punto de interés con información contextual

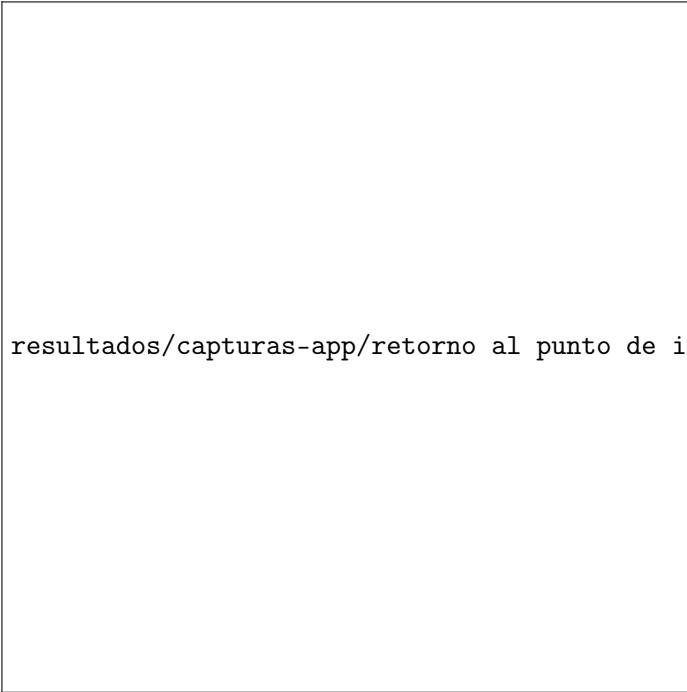


Figura 18: Pantalla de información detallada de montículo arqueológico



resultados/capturas-app/ultimo poi.jpg

Figura 19: Pantalla final del recorrido mostrando último punto de interés



resultados/capturas-app/retorno al punto de inicio.jpg

Figura 20: Pantalla de retorno al punto de inicio del recorrido

CAPÍTULO 9

Análisis de resultados

9.1. Interpretación de los resultados

[Analiza e interpreta los resultados obtenidos]

9.2. Comparación con objetivos planteados

[Compara tus resultados con los objetivos iniciales]

9.3. Fortalezas de la solución

[Identifica los puntos fuertes de tu solución]

9.4. Limitaciones encontradas

[Reconoce las limitaciones o debilidades de tu trabajo]

9.5. Lecciones aprendidas

[Describe qué aprendiste durante el desarrollo del proyecto]

9.6. Impacto del proyecto

[Evalúa el impacto real o potencial de tu proyecto]

CAPÍTULO 10

Discusión de resultados

10.1. Discusión de hallazgos principales

[Discute los hallazgos más importantes de tu trabajo]

10.2. Implicaciones teóricas

[Analiza las implicaciones teóricas de tus resultados]

10.3. Implicaciones prácticas

[Describe las implicaciones prácticas de tu trabajo]

10.4. Comparación con trabajo relacionado

[Compara tus resultados con trabajos similares]

10.5. Contribuciones del trabajo

[Explica cuáles son las contribuciones originales de tu proyecto]

10.6. Limitaciones del estudio

[Discute las limitaciones metodológicas o de otro tipo]

CAPÍTULO 11

Bibliografía

- [1] R. G. Boboc, E. Bătu, F. Gîrbacia, N. Popovici y D.-M. Popovici, “Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications,” *Applied Sciences*, vol. 12, n.º 19, pág. 9859, 2022. DOI: 10.3390/app12199859. dirección: <https://doi.org/10.3390/app12199859>.
- [2] F. Poux, Q. Valembois, C. Mattes, L. Kobbelt y R. Billen, “Initial User-Centered Design of a Virtual Reality Heritage System: Applications for Digital Tourism,” *Remote Sensing*, vol. 12, n.º 16, pág. 2583, 2020. DOI: 10.3390/rs12162583. dirección: <https://doi.org/10.3390/rs12162583>.
- [3] J. J. Garrett, *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*, 2nd. New Riders, 2011.
- [4] A. Ramtohul y K. K. Khedo, “User Experience and Engagement in Augmented Reality Systems for the Cultural Heritage Domain,” en *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*, IGI Global, 2023, págs. 1-25.
- [5] V. Komianos, A. Tsipis y K. Kontopanagou, “Introducing Digitized Cultural Heritage to Wider Audiences by Employing Virtual and Augmented Reality Experiences: The Case of the v-Corfu Project,” *Technologies*, vol. 12, n.º 196, 2024. DOI: 10.3390/technologies12100196. dirección: <https://doi.org/10.3390/technologies12100196>.

CAPÍTULO 12

Anexos

12.1. Anexo A: Código fuente

[Incluye aquí extractos relevantes del código fuente]

12.2. Anexo B: Diagramas técnicos

[Incluye diagramas detallados del sistema]

12.3. Anexo C: Documentación adicional

[Incluye manuales de usuario, instalación, etc.]

12.4. Anexo D: Datos experimentales

[Incluye datos brutos o tablas de resultados detalladas]

