

Área del Conocimiento de Tecnología de la Información y
Comunicación.

Propuesta de una aplicación en realidad aumentada 3D para los edificios más representativos de la Avenida Roosevelt en la Vieja Managua antes del terremoto de 1972 como objetos virtuales de aprendizaje.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero de
Sistemas

Elaborado por:

Br. Eduardo Ignacio
Castellón Castillo
Carnet: 2019-05471

Br. Luis Carlos
Zúñiga Sánchez
Carnet: 2019-05351

Tutor:

Dr. Denis Eduardo
Hernández García.

Dedicatorias

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y salud para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mi familia, pilar fundamental en todo mi proceso de formación profesional. En especial, a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la base sobre la cual he construido este logro.

A todas aquellas personas que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo, motivación y conocimientos durante mi camino académico, contribuyendo al desarrollo de este trabajo.

Este logro no solo me pertenece a mí, sino también a cada uno de ustedes que formaron parte de este viaje.

Luis Carlos Zúñiga Sánchez

A Dios, por haberme otorgado la sabiduría, la salud y las oportunidades necesarias para iniciar, continuar y culminar mis estudios, guiando cada paso de este camino con fortaleza y esperanza.

A mis padres y hermana, por su amor, ejemplo y apoyo incondicional durante este importante proceso de mi formación profesional. A mis abuelitos, tías, tios y primos, por su aliento y ayuda en los momentos más importantes de mi trayectoria académica.

A mis maestros, por compartir sus conocimientos y por ser guías en el aprendizaje, motivándome a alcanzar siempre la excelencia. A mis amigos y compañeros de clase, de quienes aprendí valiosas lecciones y con quienes compartí experiencias que marcaron mi crecimiento personal y profesional.

A la Dra. Macaria Hernández Chávez y al Dr. Diego Adrián Fabila Bustos, con quienes tuve el honor de colaborar en la publicación de un artículo de investigación relacionado con esta temática, y por ser fuente de inspiración en mi desarrollo académico.

A nuestro tutor de tesis, Dr. Denis Eduardo Hernández García, por su paciencia, dedicación y orientación, que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Eduardo Ignacio Castellón Castillo

Resumen Ejecutivo

La aplicación NicAR nace con el propósito de acercar la historia arquitectónica de la vieja Managua a las personas, utilizando la tecnología como puente entre el pasado y el presente. A través de un entorno interactivo de realidad aumentada, los usuarios pueden visualizar modelos 3D de edificios emblemáticos, explorarlos desde cualquier ángulo y colocarlos en su entorno físico como si formaran parte de la ciudad actual.

El desarrollo de esta aplicación se basó en una metodología mixta que combinó la estructura ordenada de AODDEI (Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación e Implementación) con los principios técnicos de la Ingeniería de Software Basada en Componentes (ISBC). Esta combinación permitió diseñar un sistema modular, flexible y centrado en las necesidades reales del usuario.

Se trabajó desde la comprensión profunda del contexto cultural y educativo, pasando por el diseño técnico y la programación del prototipo funcional, hasta llegar a una etapa de validación. Esta evaluación confirmó la utilidad, facilidad de uso y el valor educativo de la aplicación. El instrumento aplicado demostró alta confiabilidad, con un coeficiente de Cronbach de 0.87, validando la coherencia y consistencia de las respuestas.

NicAR representa una propuesta innovadora y accesible para explorar el patrimonio urbano mediante herramientas móviles. No solo promueve la identidad cultural y la educación visual, sino que también demuestra cómo la tecnología puede ponerse al servicio de la memoria colectiva, de forma sencilla, atractiva y significativa para todo tipo de público.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes de la Situación problemática	2
3.	Planteamiento del Problema	3
4.	Objetivos	4
4.1.	Objetivo General	4
4.2.	Objetivos Específicos	4
5.	Justificación	5
6.	Marco teórico	6
6.1.	Sensores de Recolección de Información	6
6.1.1.	Cámara de Profundidad	6
6.1.2.	Cámara RGB	6
6.1.3.	Cámara RGB-D	7
6.1.4.	Cámara ToF	7
6.1.5.	Sensor LiDAR	7
6.2.	Definiciones Asociadas a Realidad Aumentada	8
6.2.1.	Realidad Aumentada	8
6.2.2.	Dispositivos de Realidad Aumentada	8
6.2.3.	GPS	8
6.2.4.	Puntos Guías	8
6.2.5.	Punto Visual	9
6.2.6.	Realidad Virtual	9
6.2.7.	Realidad Mixta	9
6.3.	Definiciones Asociadas al Desarrollo de Aplicaciones Móviles	10
6.3.1.	Interfaz de Usuario	10
6.3.2.	SDK	10
6.3.3.	Desarrollo de Aplicaciones Móviles	10
6.3.4.	C#	10
6.3.5.	Flutter	10
6.3.6.	SQL	11
6.3.7.	IOS	11
6.3.8.	Android	11
6.3.9.	AR Foundation	11
6.4.	Definiciones Asociadas a Ingeniería de Software	12

6.4.1.	Ingeniería de Software.....	12
6.4.2.	Metodología de Desarrollo de Software.....	12
6.4.3.	Metodología AODDEI	12
6.4.4.	Ingeniería de Software basada en Componentes	12
6.4.5.	Diagrama de clases	13
6.4.6.	Diagrama de secuencia	13
6.4.7.	Diagrama de estados.....	13
6.4.8.	Diagrama de componentes	13
6.4.9.	Diagrama de paquetes.....	13
6.4.10.	Diagrama de Interacción.....	14
7.	Análisis y presentación de resultados	14
7.1.	Análisis de Requerimientos y Necesidades de los Usuarios	16
7.1.1.	Análisis de las necesidades de los usuarios.....	16
7.1.2.	Objetivos del sistema.....	21
7.1.3.	Beneficios del sistema	24
7.1.4.	Análisis de Requerimientos	26
7.1.5.	Modelación de Requerimientos	35
7.1.6.	Modelo de Contenido	50
7.1.7.	Modelo de Navegación.....	52
7.1.8.	Conclusiones del Análisis de Requerimientos	53
7.2.	Diseño de la Arquitectura de Software Basada en Metodología Mixta	54
7.2.1.	Definición de la Arquitectura del Software.....	54
7.2.2.	Modelado de la Arquitectura del Sistema	55
7.2.3.	Descripción General de la Arquitectura	56
7.2.4.	Componentes y Módulos del Sistema	57
7.2.5.	Modelo de Interacción entre Módulos.....	58
7.2.6.	Wireframes	59
7.2.7.	Conclusiones del Diseño de la Arquitectura de Software	65
7.3.	Desarrollo del Prototipo Funcional con AR Foundation en Unity.....	66
7.3.1.	Implementación de Prototipo Funcional	66
7.3.2.	Aplicación de Encuestas.....	72
7.3.3.	Análisis y Validación de Experiencia de Usuario	76
7.3.4.	Conclusiones del Desarrollo y Validación del Prototipo	91
8.	Conclusiones Generales y Recomendaciones.....	92
8.1.	Conclusiones	92

8.2.	Recomendaciones.....	92
9.	Bibliografía.....	94
10.	Anexos.....	98

1. Introducción

El paseo Xolotlán, ubicado en el departamento de Managua al costado Noroeste del teatro nacional Rubén Darío, es un parque turístico que entre sus pasillos se encuentran un conjunto de monumentos que preservan el patrimonio cultural y nacional de la Avenida Roosevelt de la vieja Managua de 1972.

Con el propósito de preservar el invaluable patrimonio arquitectónico de la vieja Managua, la Alcaldía de Managua ejecutó e inauguró el 17 de julio de 2014 un proyecto que consistió en la elaboración de 75 maquetas de los edificios históricos de la ciudad para su exhibición permanente. Sin embargo, el paso del tiempo y la exposición a factores externos como el viento, el polvo, el sol y el agua han deteriorado su estado físico, generando costos monetarios y de tiempo para su mantenimiento.

Por lo tanto, abordando la situación planteada, se propone el desarrollo de una aplicación de Realidad Aumenta llamada NicAR que permitirá visualizar de manera dinámica e intuitiva, modelos de tres dimensiones de las edificaciones más emblemáticas de la vieja Managua permitiendo tener una experiencia inmersiva al poder interactuar y aprender sobre el valor histórico que representan estos monumentos e hitos relacionados a las edificaciones.

El proyecto comprende diferentes etapas. Inicialmente, se realizará un análisis de requerimientos para determinar las necesidades de preservación del patrimonio histórico y las funcionalidades de la aplicación. Posteriormente, se llevará a cabo la reconstrucción digital de los edificios de la avenida Roosevelt mediante modelado tridimensional, seguido de su integración con la aplicación de realidad aumentada para asegurar una experiencia inmersiva. Finalmente, se desarrollará un prototipo con el propósito de evaluar su funcionalidad y usabilidad.

2. Antecedentes de la Situación problemática

La capacidad de contener dentro de un entorno digital y visualizar entornos históricos de un país contribuye directamente al patrimonio de este, conservando y fortaleciendo el conocimiento cultural para las nuevas generaciones, el patrimonio del país y la historia de la nación utilizando las nuevas tecnologías como herramientas, de igual manera adquiere un valor mayor al ser utilizada para potenciar el turismo. Esta práctica es utilizada en otros países, por ejemplo, en Indonesia (Anwar et al., 2022), se desarrolló una aplicación de recorrido virtual con objetos de turismo, ya que los turistas extranjeros no tienen idea que objetos turísticos desean visitar, facilitando a través de una ilustración tridimensional la decisión.

En Nicaragua, el 23 de diciembre del año 1972 ocurrió un terremoto de magnitud 6.2 en la escala de Richter afectando la infraestructura de la ciudad, 42 años después, el Gobierno Nacional inauguró varias maquetas con los principales edificios antes del terremoto, como un espacio de recreación para familias en el parque Paseo Xolotlán, Managua (Instituto de Turismo de Nicaragua, 2014), y que sirve para conmemorar la tragedia al mismo tiempo que se puede apreciar la arquitectura e infraestructura antigua capital del país.

Los monumentos deteriorados por factores climáticos exigen un mantenimiento constante. Surge la oportunidad de digitalizarlo en 3D y ofrecer una experiencia inmersiva con una app de realidad aumentada, accesible para cualquier persona con un teléfono inteligente.

Este proyecto, pionero en Nicaragua, optimizará la gestión del monumento al reducir costos y fortalecer su promoción. Además, contribuirá a la preservación del patrimonio cultural y facilitará su gestión a través de tecnologías emergentes.

3. Planteamiento del Problema

El terremoto de Managua de 1972 fue un evento catastrófico que dejó un saldo de más de 11,000 muertos, 20,000 heridos y 200,000 a 250,000 personas sin hogar. El centro de la ciudad quedó completamente destruido, incluyendo sus principales edificios históricos. Las maquetas ubicadas en el parque Paseo Xolotlán, que en 2014 el Gobierno Nacional de Nicaragua inauguró presentando el centro histórico de la Ciudad de Managua antes del terremoto son un importante recurso educativo que permite a las personas conocer la historia de la ciudad y aprender sobre la tragedia del terremoto.

Sin embargo, las maquetas se deterioran con facilidad debido a los factores ambientales, como la lluvia, el sol, el polvo y la brisa del lago de Managua, y con el pasar de los años tiende a destruirse, desapareciendo con ello el excelente trabajo que se realizó en las maquetas, por tal situación, surge la necesidad de la reconstrucción y simulación 3D utilizando realidad aumentada para registrar digitalmente las distintas infraestructuras presentadas en las maquetas.

La situación problemática es la falta de una aplicación en realidad aumentada 3D para los edificios más representativos de la Avenida Roosevelt en la Vieja Managua antes del terremoto de 1972 como objetos virtuales para la sociedad en general Nacional y extranjera.

Esta iniciativa permitiría, por un lado, preservar la maqueta de forma inalterable, creando una copia digital. Por otro lado, la aplicación de realidad aumentada facilitaría la interacción del público con la maqueta, permitiéndoles visualizarla en su entorno real y obtener una experiencia de aprendizaje más sencilla, eficaz e inmersiva.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación de realidad aumentada 3D para los edificios más representativos de la Avenida Roosevelt en la vieja Managua antes del terremoto de 1972 como objetos virtuales de aprendizaje, empleando una metodología mixta entre la ingeniería de software basada en componentes y la metodología AODDEI.

4.2. Objetivos Específicos

Analizar los requerimientos para la aplicación, identificando las necesidades de los usuarios y los diferentes componentes del sistema que permitirán la interacción entre ambos elementos.

Diseñar la arquitectura de software basada en una metodología mixta entre la ISBC y la metodología AODDEI que permita la integración eficiente de los diferentes módulos y funcionalidades requeridas siguiendo los principios de modularidad, reusabilidad y flexibilidad.

Desarrollar un prototipo funcional de la aplicación de reconstrucción de edificios de la Vieja Managua, utilizando el framework para aplicaciones multiplataforma AR Foundation en Unity.

5. Justificación

La realización de este trabajo de investigación y desarrollo de una aplicación en realidad aumentada para la reconstrucción virtual de la Vieja Managua responde a la imperante necesidad de abordar los desafíos actuales en la preservación del patrimonio histórico y arquitectónico de la ciudad.

La ciudad de Managua, marcada por su historia sísmica, enfrenta la amenaza constante de perder parte de su patrimonio arquitectónico debido a factores ambientales. La maqueta en el "Paseo Xolotlán", al ser una representación tangible de la Managua pre-terremoto, está en riesgo de deteriorarse irreversiblemente.

La aplicación de realidad aumentada se presenta como una herramienta innovadora para preservar y transmitir la historia de manera dinámica. Este proyecto aprovecha las capacidades tecnológicas actuales para revitalizar el patrimonio cultural, asegurando que la historia de Managua se conserve y comparta de manera efectiva con las generaciones futuras.

Al utilizar la realidad aumentada, la aplicación se vuelve accesible a cualquier persona con un teléfono inteligente y conexión a internet, eliminando barreras físicas y geográficas permitiendo que tanto residentes locales como visitantes exploren la Vieja Managua virtualmente.

La digitalización de la maqueta en realidad aumentada fomentará su preservación y el interés por visitarla. Permitirá a usuarios de todas las edades acceder de forma interactiva a la historia de Managua y servir como recurso educativo. A largo plazo, podría impulsar tecnologías similares en otros sitios patrimoniales. Así, este proyecto contribuirá a la conservación y difusión del patrimonio cultural mediante la innovación tecnológica.

6. Marco teórico

El marco teórico se presenta como un guía conceptual que proporciona la base para comprender los principios fundamentales de la realidad aumentada y su aplicación en este proyecto. A continuación, se describen los conceptos claves relacionados con la realidad aumentada, respaldados por referencias relevantes:

6.1. Sensores de Recolección de Información

6.1.1. Cámara de Profundidad

Las cámaras de profundidad, también conocida como cámara de tiempo de vuelo (ToF), se refiere a la capacidad del sistema de cámara y sensor para determinar con precisión las distancias de los objetos en el campo de visión (FoV) y mapear la escena en 3D (Image Engineering, s.f.). A diferencia de una cámara convencional, que registra imágenes en dos dimensiones (ancho y alto), una cámara de profundidad también mide la distancia entre el sensor de la cámara y los objetos en la escena, lo que le permite calcular la profundidad o la distancia relativa de los objetos.

6.1.2. Cámara RGB

Las cámaras RGB captan las ondas del espectro visible, las que producen la sensación visual, es decir captan las mismas ondas que el ojo humano, o sea ven los mismos colores. El acrónimo RGB significa Rojo (red), Verde (green) y Azul (blue). A partir de estos tres colores primarios, se forman todos los colores visibles como el violeta, el naranja y el amarillo (HIBA Formación, n.d.). Este tipo de dispositivos permiten la captura de alta calidad, capturando entorno físico del usuario.

6.1.3. Cámara RGB-D

Una cámara RGBD es un tipo de cámara de profundidad que proporciona datos de profundidad (D) y color (RGB) como salida en tiempo real. La información de profundidad se puede recuperar a través de un mapa/imagen de profundidad creado por un sensor de profundidad 3D, como un sensor estéreo o un sensor de tiempo de vuelo (*RGBD Eco-System*, n.d.). Estas cámaras utilizan una variedad de tecnologías para medir la profundidad, como el tiempo de vuelo, la luz estructurada o la estereovisión, además de capturar la información de color estándar. Esto permite que la cámara capture no solo la apariencia visual de la escena, sino también su estructura tridimensional.

6.1.4. Cámara ToF

Una cámara ToF utiliza luz infrarroja (láseres invisibles para el ojo humano) para determinar la información de profundidad, de forma parecida a como un murciélago percibe su entorno. El sensor emite una señal luminosa, que golpea al sujeto y vuelve al sensor (*ToF*, n.d.). La función de este sensor se basa en el principio de Tiempo de Vuelo para medir la distancia entre el sensor y los objetivos en una escena, lo que permite crear mapas tridimensionales detallados.

6.1.5. Sensor LiDAR

LiDAR (del inglés “light detection and ranging”) es una tecnología de teledetección que utiliza rayos láser para medir distancias y movimientos precisos en un entorno, en tiempo real (IBM, n.d.). Este tipo de sensor es seleccionado para realizar la implementación debido que a la tecnología implementada realiza el proceso de fotogrametría, volumetría, modelo 3D, a partir de un escaneo de la superficie dándole textura a toda la superficie.

6.2. Definiciones Asociadas a Realidad Aumentada

6.2.1. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el ordenador (Muñoz - Hernandez et al., 2020). A diferencia de la realidad virtual, que sumerge al usuario en un entorno totalmente virtual, la RA enriquece la experiencia del usuario al proporcionar información contextualizada y relevante en tiempo real.

6.2.2. Dispositivos de Realidad Aumentada

“Existen diferentes tipos de dispositivos utilizados para experimentar la realidad aumentada. Los dispositivos más comunes incluyen smartphones y tablets equipados con cámaras y aplicaciones de RA, así como gafas y cascos especiales diseñados específicamente para la RA, como Microsoft HoloLens o Magic Leap.” (Virtualizar, 2023). Estos dispositivos permiten la visualización e interacción con contenido digital superpuesto en el mundo físico, ampliando las posibilidades dentro del mundo de la RA.

6.2.3. GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de satélites usado en navegación que permite determinar la posición las 24 horas del día, en cualquier lugar del globo y en cualquier condición climatológica (Letham, 2020). Esta tecnología proporciona datos de ubicación en tiempo real, lo que permite la superposición de información contextualizada basada en la posición del usuario.

6.2.4. Puntos Guías

Puntos específicos en el mundo real, que el software puede usar como referencia para mostrar información, orientarse o recolectar datos (ejemplo: códigos QR, sensores, imágenes...)(Realidad Aumentada, ¿qué Es y Para Qué Sirve? ▷ Aplicaciones, n.d.). Estos puntos proporcionan puntos de anclaje para la colocación precisa de objetos virtuales, facilitando así la interacción del usuario con el entorno aumentado.

6.2.5. Punto Visual

Un marcador le proporciona a la propia aplicación de Realidad Aumentada (RA) una clave visual o activadora sobre dónde posicionar el contenido de RA. Un marcador puede ser una imagen, un logo, o cualquier tipo de objeto 2D que pueda ser distinguido y reconocido por la cámara. (*Seguimiento de Marcador y Superficie - Onirix*, n.d.). Al reconocer y rastrear el marcador en tiempo real, la aplicación de RA puede superponer contenido digital de manera precisa y coherente en relación con la ubicación y orientación del marcador en el mundo físico del usuario. Esto permite una integración fluida entre los elementos virtuales y el entorno real, creando una experiencia inmersiva y envolvente para el usuario.

6.2.6. Realidad Virtual

En palabras simples, La realidad virtual es la creación de un entorno o escenario ficticio o simulado con apariencia totalmente real y que nos permite trasladarnos a cualquier lugar o situación que queramos como si nos creyésemos dentro de él, con la ilusión de estar dentro de este entorno (zone, 2024). Aunque comparte similitudes con AR, como el uso de dispositivos inmersivos, la VR y la AR difieren en su enfoque y aplicación.

6.2.7. Realidad Mixta

La realidad mixta es una mezcla de universos físicos y digitales, que permite interacciones 3D naturales e intuitivas entre personas, equipos y el entorno. Esta nueva realidad se basa en la visión artificial, el procesamiento gráfico, las tecnologías de visualización, los sistemas de entrada y la informática en la nube (Microsoft Learn, n.d.). Esto proporciona una experiencia más integrada y envolvente, donde los usuarios pueden ver e interactuar con los objetivos virtuales mientras permanecen conscientes del entorno físico.

6.3. Definiciones Asociadas al Desarrollo de Aplicaciones Móviles

6.3.1. Interfaz de Usuario

Una interfaz de usuario (UI) es la parte visible y tangible de un sistema, aplicación o dispositivo que permite a los usuarios interactuar con él. Es el punto de contacto entre el usuario y la funcionalidad proporcionada por el sistema (*Prototipo de Interfaz de Usuario*, n.d.) e elemento tiene varias características importantes como menús desplegables, paneles de control, indicadores de dirección y posicionamiento, Feedback visual, entre otros elementos.

6.3.2. SDK

Un kit de desarrollo de software (SDK) es un conjunto de herramientas de creación específicas de plataformas para desarrolladores. Se necesitan componentes como depuradores, compiladores y bibliotecas para crear código que se ejecute en una plataforma, sistema operativo o lenguaje de programación específicos (*¿Qué Es El SDK?*, n.d.). Esto incluye funciones de movimiento, reconocimiento de imágenes y otras capacidades que permiten el desarrollo de experiencias de AR personalizadas y eficaces.

6.3.3. Desarrollo de Aplicaciones Móviles

El desarrollo de aplicaciones móviles es el proceso de creación de software para smartphones, tablets y asistentes digitales, más comúnmente para los sistemas operativos Android e iOS. El software se puede preinstalar en el dispositivo, descargar desde una tienda de aplicaciones móviles o acceder a través de un navegador web móvil (IBM, n.d.).

6.3.4. C#

C# es uno de los lenguajes de programación de alto nivel que pertenecen al paquete .NET (otros lenguajes son Visual Basic, C/C++, etc.). C# es una evolución de C/C++. Con él se pueden escribir tanto programas convencionales como para Internet. Las aplicaciones podrán mostrar una interfaz gráfica al usuario, o bien una interfaz de texto, como hacen las denominadas aplicaciones de consola. (Ceballos, 2021)

6.3.5. Flutter

Es un marco para el desarrollo de aplicaciones de Android e iOS, desarrollado por Google y lanzado como un proyecto en el 2018, con algunos elementos estándar para la interfaz de usuario

de Google, proporcionando una gran variedad de bibliotecas. También es útil para desarrollar aplicaciones de escritorio. En general, las aplicaciones desarrolladas en Flutter tienen la apariencia normal de una aplicación por sistema y funcionan como se espera sin que el programador tenga que considerar las características específicas de cada sistema (Pardo, 2021)

6.3.6. SQL

El lenguaje de consulta estructurada (SQL) es un lenguaje de programación para almacenar y procesar información en una base de datos relacional. Una base de datos relacional almacena información en forma de tabla, con filas y columnas que representan diferentes atributos de datos y las diversas relaciones entre los valores de datos. Puede usar las instrucciones SQL para almacenar, actualizar, eliminar, buscar y recuperar información de la base de datos (AWS, s.f.).

6.3.7. IOS

Es un sistema operativo móvil desarrollado por Apple Inc. Inicialmente fue creado para el iPhone, pero con el tiempo fue adaptado para los demás dispositivos móviles de esta compañía (*IPad*, n.d.).

6.3.8. Android

Android es un sistema operativo y una plataforma software, basado en Linux para teléfonos móviles. Además, también usan este sistema operativo (aunque no es muy habitual), tablets, netbooks, reproductores de música e incluso PC's. Android permite programar en un entorno de trabajo (framework) de Java, aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik (una variación de la máquina de Java con compilación en tiempo de ejecución). (Introducción a Android, p. 121)

6.3.9. AR Foundation

Fundación AR es a marco multiplataforma que te permite escribir experiencias de realidad aumentada una vez, luego cree para dispositivos Android o iOS sin hacer ningún adicional cambio. El marco está disponible a través de Unity's AR Foundation Package (*AR Foundation*, n.d.).

6.4. Definiciones Asociadas a Ingeniería de Software

6.4.1. Ingeniería de Software

La ingeniería del software es una disciplina que implica el uso de estructuras, herramientas y técnicas para construir programas informáticos. Asimismo, incluye el análisis previo de la situación, la redacción del proyecto, la creación del software y las pruebas necesarias para garantizar su correcto funcionamiento antes de que el sistema esté operativo (UNIR Colombia, n.d.).

6.4.2. Metodología de Desarrollo de Software

Las metodologías de desarrollo de software se utilizan en el ámbito de la programación, entre otros, con el objetivo de trabajar en equipo de manera organizada. Estas metodologías han ido evolucionando a lo largo del tiempo, pasando de ser un mero trámite de organización a ser una base importantísima a la hora de desarrollar software de una manera productiva y eficaz (Blog Santander Open Academy, 2020).

6.4.3. Metodología AODDEI

Metodología mixta para el desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada, formada por la metodología de desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje AODDEI (Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación, Implementación) y la ingeniería de software basada en componentes. Se determinaron las características de la metodología mixta con el fin de seleccionar los atributos que mejor se adaptaron a las tecnologías requeridas para implementar la realidad aumentada en dispositivos móviles (Blog Santander Open Academy, 2020).

6.4.4. Ingeniería de Software basada en Componentes

El desarrollo de software basado en componentes (DSBC) constituye una aproximación del desarrollo de software que describe, construye y emplea técnicas software para elaborar sistemas abiertos y distribuidos, mediante el ensamblaje de partes software reutilizables (EcuRed, n.d.).

6.4.5. Diagrama de clases

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) fue creado para forjar un lenguaje de modelado visual común y semántica y sintácticamente rico para la arquitectura, el diseño y la implementación de sistemas de software complejos, tanto en estructura como en comportamiento (Lucidchart, n.d.).

6.4.6. Diagrama de secuencia

Los diagramas de secuencia son una solución de modelado dinámico popular en UML porque se centran específicamente en líneas de vida o en los procesos y objetos que coexisten simultáneamente, y los mensajes intercambiados entre ellos para ejecutar una función antes de que la línea de vida termine (Lucidchart, n.d.).

6.4.7. Diagrama de estados

Un diagrama de estados, en ocasiones conocido como diagrama de máquina de estados, es un tipo de diagrama de comportamiento en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) que muestra transiciones entre diversos objetos (Lucidchart, n.d.).

6.4.8. Diagrama de componentes

Un diagrama de componentes UML muestra cómo se relacionan los componentes entre sí dentro de un sistema más grande. Un componente del sistema es un módulo que forma parte de un sistema de hardware y software más grande. Tiene sus propias entradas y salidas e interfaces específicas con otros componentes del sistema (Miro, n.d.).

6.4.9. Diagrama de paquetes

Los diagramas de paquetes son diagramas estructurales que se emplean para mostrar la organización y disposición de diversos elementos de un modelo en forma de paquetes. Un paquete es una agrupación de elementos UML relacionados, como diagramas, documentos, clases o, incluso, otros paquetes. Cada elemento está anidado dentro de un paquete, que se representa como una carpeta de archivos dentro del diagrama, y que luego se organiza jerárquicamente dentro del diagrama. Los diagramas de paquetes se usan con frecuencia para proporcionar una organización visual de la arquitectura en capas dentro de cualquier clasificador UML, por ejemplo, un sistema de software (Lucidchart, n.d.).

6.4.10. Diagrama de Interacción

un diagrama de interacción es un tipo de diagrama UML que se emplea para captar el comportamiento interactivo de un sistema. Los diagramas de interacción se centran en describir el flujo de mensajes dentro de un sistema y ofrecen contexto para una o más líneas de vida dentro de un sistema. Además, los diagramas de interacción pueden emplearse para representar las secuencias ordenadas dentro de un sistema, y actúan como medio para visualizar los datos en tiempo real vía UML (Lucidchart, n.d.).

7. Análisis y presentación de resultados

El desarrollo de la aplicación de realidad aumentada NicAr se apoya en dos enfoques metodológicos complementarios: la metodología AODDEI y la Ingeniería de Software basada en componentes (ISBC). La selección de estas metodologías responde a la necesidad de estructurar un proceso de desarrollo sistemático, orientado a la calidad, la modularidad y la sostenibilidad del producto final. A continuación, se describe en detalle el funcionamiento de cada una y su aplicación específica en el contexto de este proyecto.

Metodología AODDEI

AODDEI es un modelo metodológico de carácter iterativo que abarca seis etapas fundamentales: Análisis, Organización, Diseño, Desarrollo, Evaluación e Implementación. Esta metodología permite gestionar de manera estructurada y progresiva todas las fases del ciclo de vida del software, desde la concepción de la idea hasta su puesta en marcha.

- **Análisis:** En esta fase se identificaron y documentaron los requerimientos del sistema, tanto funcionales como no funcionales. Se analizaron las necesidades del público objetivo (docentes, estudiantes y turistas interesados en el patrimonio histórico), así como las características del entorno donde se aplicaría la solución. También se definieron los objetivos específicos de la aplicación, orientados a la visualización inmersiva de edificaciones históricas mediante modelos 3D integrados en un entorno de realidad aumentada.

- **Organización:** Esta etapa consistió en planificar la estructura del proyecto, recursos tecnológicos, cronogramas de trabajo y estrategias de desarrollo. Se organizaron los módulos del sistema y se establecieron las interdependencias entre ellos, priorizando una estructura flexible y escalable.
- **Diseño:** Se elaboraron los modelos conceptuales y técnicos del sistema, tales como el modelo de contenido, el modelo de navegación y la arquitectura general de la aplicación. En esta etapa también se seleccionaron las herramientas y tecnologías necesarias para el desarrollo (por ejemplo, motores gráficos, bibliotecas de AR, y entornos de desarrollo compatibles con dispositivos móviles).
- **Desarrollo:** En esta fase se llevó a cabo la codificación de la Aplicación. Se implementaron funcionalidades claves como el reconocimiento de planos, la visualización de modelos 3D y la interacción del usuario mediante los gestos táctiles.
- **Evaluación:** Aquí se realizaron pruebas de funcionalidad y usabilidad del sistema tomando en cuenta los componentes y comportamientos esperados.
- **Implementación:** Finalmente, se desplegó un prototipo funcional preparado para ser ejecutado en dispositivos móviles. Esta implementación incluyó la validación de los modelos 3D, la interfaz de usuario y la persistencia de datos sobre los puntos de interés histórico.

Ingeniería de Software Basada en Componentes (ISBC)

La Ingeniería de Software Basada en Componentes (ISBC) es una estrategia de desarrollo que promueve la creación de sistemas a partir de módulos o componentes reutilizables. Cada componente se concibe como una unidad autónoma que encapsula una funcionalidad específica, con interfaces bien definidas para su interacción con el resto del sistema. Esta metodología es especialmente adecuada para proyectos que requieren escalabilidad, mantenibilidad y posibilidad de evolución a largo plazo.

En el caso de NicAR, la aplicación de la ISBC permitió dividir el sistema en múltiples componentes especializados, tales como:

- **Componente de reconocimiento de superficies:** Encargado de detectar planos reales a través de la cámara del dispositivo, utilizando tecnologías de visión artificial.
- **Componente de gestión de modelos 3D:** Responsable de cargar, mostrar, posicionar y manipular los modelos históricos de las edificaciones, permitiendo su rotación, escala y ubicación en el entorno aumentado.
- **Componente de interfaz de usuario (UI):** Encargado de gestionar la interacción del usuario con el sistema mediante controles táctiles, menús contextuales y botones de navegación.
- **Componente de gestión de datos históricos:** Administra la información textual asociada a cada edificio, como su nombre, funcionalidad original, estado actual y contexto histórico.

El diseño basado en componentes facilita el mantenimiento del sistema, ya que cada módulo puede ser actualizado o sustituido sin afectar el funcionamiento general. Asimismo, permite la reutilización de componentes en futuros desarrollos o versiones de la aplicación, optimizando el tiempo y los recursos de desarrollo.

7.1. Análisis de Requerimientos y Necesidades de los Usuarios

El análisis de requerimientos es una etapa fundamental en el desarrollo de la aplicación NicAR, ya que permite establecer las características y funcionalidades necesarias para su correcto funcionamiento. Esta fase tiene como objetivo identificar las necesidades del usuario, definir los objetivos del sistema y especificar los criterios técnicos que garantizarán el cumplimiento de los propósitos del proyecto.

7.1.1. Análisis de las necesidades de los usuarios

7.1.1.1. Definición del público objetivo

Con el objetivo de desarrollar una aplicación de realidad aumentada centrada en la preservación histórica y cultural de Managua antes del terremoto de 1972, resulta indispensable segmentar el público objetivo en función de sus expectativas, necesidades y formas de interacción, por lo que se tomó el perfil, intereses y rol de los involucrados.

Tabla 1*Descripción de los actores del sistema*

Actor	Perfil	Interés	Rol
Estudiantes y Docentes	Comprende estudiantes de nivel secundario y universitario, especialmente aquellos en carreras relacionadas con la historia, arquitectura, turismo y cultura. Asimismo, incluye a docentes que imparten asignaturas en estas áreas y buscan recursos didácticos que mejoren la experiencia de aprendizaje.	Los estudiantes y docentes valoran las herramientas interactivas que les permitan explorar de manera visual e inmersiva el patrimonio histórico de Managua. Esto les ayuda a conectar conceptos teóricos con representaciones visuales y atractivas.	Funcionan como usuarios recurrentes de la aplicación, integrándola en actividades académicas como investigaciones, presentaciones o clases prácticas. También actúan como divulgadores indirectos, promoviendo su uso dentro de entornos educativos.
Turistas Nacionales e Internacionales	Comprende turistas nacionales e internacionales que buscan comprender la historia de Managua desde una perspectiva cultural y visual. Su rango de edad es amplio, pero tienden a ser personas con afinidad por la tecnología y el turismo cultural.	Disfrutar de una representación visual que recree los edificios más icónicos de la ciudad en un período histórico relevante, ayudándoles a entender el contexto y la riqueza cultural de Managua.	Funcionan como usuarios ocasionales que utilizan la aplicación durante visitas culturales. Además, tienen el potencial de recomendar la herramienta a otros viajeros interesados en experiencias similares.
Instituciones Educativas y Culturales	Incluye escuelas, universidades, museos, bibliotecas y organizaciones dedicadas a la promoción y preservación del patrimonio cultural de Nicaragua.	Implementar la aplicación como un recurso pedagógico innovador que enriquezca actividades educativas, exposiciones culturales y programas turísticos.	Estas instituciones tienen un papel clave en la difusión y uso masivo de la herramienta, al recomendarla a estudiantes, académicos y visitantes. Además, pueden proporcionar retroalimentación para mejorar el contenido y la funcionalidad.

Fuente: Elaboración Propia

Esta segmentación garantiza que la propuesta de realidad aumentada no solo sea funcional, sino que también responda a las expectativas y necesidades específicas de cada grupo de actores involucrados. Esto, a su vez, permitirá una adopción más efectiva y un impacto positivo en los objetivos de aprendizaje y preservación cultural.

7.1.1.2. Identificación de las necesidades de aprendizaje

La identificación de las necesidades de aprendizaje es fundamental para garantizar que la aplicación de realidad aumentada cumpla con los objetivos educativos y culturales planteados. Para ello, se realizó un análisis que considera tanto las carencias actuales en el acceso a información histórica sobre Managua antes del terremoto de 1972, como las expectativas y habilidades de los usuarios objetivo.

7.1.1.3. Contexto educativo y cultural

Actualmente, el acceso a información detallada y visual sobre los edificios históricos de la Avenida Roosevelt en la Vieja Managua es limitado. Los libros y registros existentes suelen estar incompletos o centrados en descripciones textuales, lo que dificulta la comprensión del contexto histórico para estudiantes y público en general. Esta brecha evidencia la necesidad de contar con herramientas que integren elementos visuales e interactivos, permitiendo a los usuarios explorar de manera inmersiva cómo lucían estos espacios en el pasado.

7.1.1.4. Necesidades identificadas por grupo

La propuesta se enmarca también en la **Estrategia Nacional de Educación en todas sus modalidades 2024-2026**, la cual, a través de su Eje 5: Historia e Identidad Nacional, promueve la protección y difusión del patrimonio histórico y cultural mediante la incorporación de recursos educativos en formato digital; su Eje 11: Investigación e Innovación, que impulsa el desarrollo de proyectos tecnológicos con impacto social y educativo; y su Eje 13: Calidad Educativa, que fomenta el uso de herramientas digitales y simuladores de realidad aumentada para generar experiencias de aprendizaje interactivas y significativas (Comisión Nacional de Educación, 2024).

Los lineamientos de la UNESCO en materia de preservación digital y acceso al patrimonio cultural, que promueven el uso de tecnologías emergentes para garantizar que el

mensaje, la función y el valor cultural de los bienes históricos permanezcan accesibles de manera auténtica y significativa a las generaciones actuales y futuras (UNESCO, 2021).

La Ley General de Turismo de Nicaragua, Ley N.º 1210, que establece la obligación del Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR) de fomentar el turismo cultural, integrar la innovación tecnológica en la oferta turística, y garantizar la accesibilidad e inclusión de todos los públicos (OFICIAL, 2024).

Bajo estas directrices, las necesidades se fundamentan de la siguiente forma:

Estudiantes y Docentes

- Necesidad de Contextualización: Los estudiantes requieren herramientas que les permitan visualizar los edificios históricos y entender su relevancia dentro de la historia de Managua.
- Aprendizaje Experiencial: Los métodos tradicionales de enseñanza pueden complementarse con tecnologías interactivas que faciliten un aprendizaje significativo.
- Material Didáctico Innovador: Los docentes necesitan recursos modernos que enriquezcan las clases y capten el interés de los alumnos.

Turistas Nacionales e Internacionales

- Acceso a Información Cultural: Los turistas buscan comprender el contexto histórico y cultural de Managua a través de experiencias que sean entretenidas y educativas.
- Facilidad de Uso: La aplicación debe ser intuitiva para que los usuarios puedan explorar sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.

Instituciones Educativas y Culturales

- Difusión del Patrimonio: Existe una necesidad de herramientas que permitan preservar y divulgar la riqueza cultural e histórica de Nicaragua de manera accesible y moderna.

- Fomento de la Educación Cultural: Las instituciones requieren soluciones tecnológicas que combinen educación y entretenimiento para atraer a diferentes audiencias.

7.1.1.5. Competencias y habilidades por desarrollar

La aplicación no solo debe cubrir las necesidades actuales, sino también contribuir al desarrollo de competencias en sus usuarios. Entre ellas destacan:

- Pensamiento crítico: Analizar y reflexionar sobre los procesos históricos que llevaron a la transformación de Managua pudiendo visualizar información sobre el antes y después de la edificación.
- Aprendizaje autónomo: Explorar la aplicación a su propio ritmo, adquiriendo conocimientos de forma personalizada.
- Comprensión espacial y temporal: Visualizar la disposición y el diseño de los edificios en un contexto histórico concreto.

7.1.1.6. Herramientas Tecnológicas como respuesta integral

La identificación de las necesidades de aprendizaje asociadas a la propuesta de una aplicación de realidad aumentada 3D se fundamenta en la demanda de herramientas innovadoras que faciliten la comprensión del patrimonio histórico de Managua antes del terremoto de 1972. Esta solución tecnológica responde a la necesidad de incorporar metodologías interactivas que promuevan un aprendizaje significativo, permitiendo a los usuarios visualizar y explorar representaciones tridimensionales detalladas de edificios históricos en su contexto original.

Mediante la recreación virtual, los estudiantes y docentes podrán acceder a experiencias inmersivas que estimulen la curiosidad y refuercen su conocimiento sobre la historia y la arquitectura de la época. Además, el diseño intuitivo de la aplicación favorecerá el aprendizaje autónomo, brindando a los usuarios la libertad de explorar el contenido a su propio ritmo, y fomentará la comprensión tanto espacial como temporal, elementos cruciales para interiorizar el impacto del patrimonio en el desarrollo urbano y cultural de Managua. En esencia, esta herramienta no solo satisface las necesidades educativas tradicionales, sino que también abre nuevas

posibilidades para integrar el aprendizaje histórico con tecnologías avanzadas, contribuyendo así al fortalecimiento del conocimiento colectivo y la preservación cultural.

7.1.2. Objetivos del sistema

Esta sección se especifica los objetivos que se pretenden lograr con el sistema, presentando una descripción general de las características del sistema. Seguidamente se listan los objetivos que se esperan cumplir con la realización de la aplicación.

Los objetivos del sistema tendrán una codificación con el siguiente formato: AAA-0000. Donde las primeras tres letras harán referencia al objetivo (OBJ) y los siguiente cuatro dígitos el número de objetivo.

Tabla 2

OBJ-0001

OBJ-0001	Diseñar una plataforma que permita a estudiantes, docentes e investigadores acceder a información histórica y arquitectónica mediante experiencias interactivas que enriquezcan su aprendizaje.
Versión	1.0(12/01/2024)
Autores	Eduardo Ignacio Castellón Castillo
	Luis Carlos Zúniga Sánchez
Fuentes	Propia
Descripción	La Aplicación deberá <i>Ninguna</i>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3*OBJ-0002.*

OBJ-0002	Incorporar funcionalidades que permitan a turistas nacionales e internacionales explorar la historia de Managua de manera visualmente atractiva y accesible
Versión	1.0(12/01/2024)
Autores	Eduardo Ignacio Castellón Castillo
	Luis Carlos Zúniga Sánchez
Fuentes	Propia
Descripción	La Aplicación deberá <i>Ninguna</i>

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 4***OBJ-0003*

OBJ-0003	Contribuir a la conservación del patrimonio cultural mediante la digitalización de edificios
Versión	1.0(12/01/2024)
Autores	Eduardo Ignacio Castellón Castillo
	Luis Carlos Zúniga Sánchez
Fuentes	Propia
Descripción	La Aplicación deberá <i>Ninguna</i>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5*OBJ-0004*

OBJ-0004	Introducir la realidad aumentada como herramienta pedagógica, integrando elementos interactivos y visuales que faciliten la comprensión de contextos históricos
versión	1.0(12/01/2024)
Autores	Eduardo Ignacio Castellón Castillo
	Luis Carlos Zúniga Sánchez
Fuentes	Propia
Descripción	La Aplicación deberá <i>Ninguna</i>

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 6***OBJ-0005*

OBJ-0005	Contribuir al fortalecimiento de la identidad colectiva, la promoción del patrimonio histórico y la sensibilización de la población sobre su importancia.
Versión	1.0(12/01/2024)
Autores	Eduardo Ignacio Castellón Castillo
	Luis Carlos Zúniga Sánchez
Fuentes	Propia
Descripción	La Aplicación deberá <i>Ninguna</i>

Fuente: Elaboración Propia

7.1.3. Beneficios del sistema

Las realidades extendidas (XR) comprenden tecnologías como la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR), cada una con distintos niveles de inmersión. La realidad aumentada, en particular, permite superponer elementos digitales sobre el entorno físico en tiempo real, facilitando la interacción contextual sin aislar al usuario del mundo real.

En el desarrollo de la aplicación NicAR, se optó por AR debido a su accesibilidad desde dispositivos móviles, su capacidad para integrar modelos históricos en el espacio real del usuario y su potencial para enriquecer la experiencia educativa sin requerir hardware especializado.

La aplicación propuesta ofrece una amplia gama de beneficios que pueden clasificarse como tangibles e intangibles, reflejando así su impacto integral. Entre los tangibles destacan la visualización interactiva y la exploración libre de edificios patrimoniales; entre los intangibles, se encuentra el fortalecimiento de la identidad cultural, la valorización del patrimonio y el acceso inclusivo al conocimiento histórico desde cualquier entorno físico.

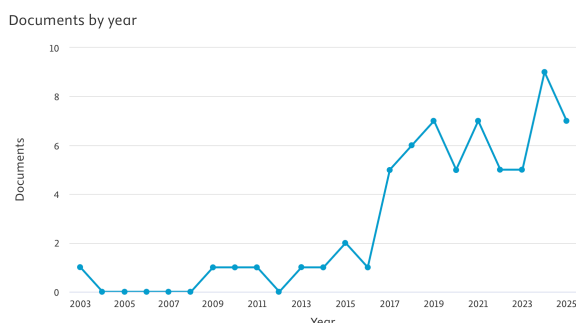
Es importante también conocer el estado actual de la tecnología en el ecosistema global de investigaciones, por lo tanto, se realizó un análisis cuantitativo en aplicaciones en realidad aumentada para la preservación de edificios históricos, a través de bases de datos muy poderosas como lo es Scopus, que tiene millones de artículos de investigación indexados de revistas importantes alrededor del mundo.

Dicho análisis, permitió conocer que tanto se ha investigado sobre un tema, siendo la imagen a) en la ilustración 1, un gráfico que demuestra la cantidad de documentos por año que se han escrito, mostrando una tendencia de investigación a partir del año 2015, mientras que la imagen b) muestra que tanto se ha investigado sobre el tema por países.

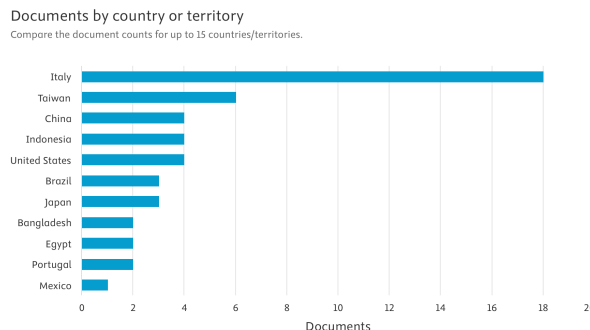
En este caso particular, los únicos países latinoamericanos que aparecen en la lista son México y Brazil, estando Nicaragua ausente, por lo tanto, se visualiza una gran oportunidad para aportar a ese vacío de conocimiento e investigación por medio de este proyecto.

Ilustración 1

Análisis Cienciométrico en Aplicaciones en Realidad Aumentada para la preservación de edificios históricos: a) Documentos por Año, b) Documentos por País. Recuperado de: Scopus.com



a)



b)

Fuente: Elaboración Propia

7.1.3.1. Beneficios Tangibles

- **Preservación Digital del Patrimonio Histórico:** Los modelos 3D de edificios históricos empleados permanecerán disponibles como recursos educativos y culturales.
- **Acceso Multiplataforma:** Disponibilidad de la aplicación en dispositivos móviles, tabletas y visores de realidad aumentada, lo que facilita su uso por diferentes tipos de usuarios.
- **Reducción de Costos Educativos y Turísticos:** Provisión de una herramienta que elimina la necesidad de materiales físicos adicionales o visitas guiadas tradicionales, ofreciendo una alternativa económica para aprender sobre el patrimonio histórico.
- **Impulso al Turismo Cultural:** Aumento del atractivo turístico de Managua al ofrecer una experiencia tecnológica innovadora que combina historia y entretenimiento.
- **Capacitación en Tecnología Avanzada:** Generación de oportunidades de aprendizaje en tecnología, especialmente en el uso y desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

7.1.3.2. Beneficios Intangibles

- Fortalecimiento de la Identidad Cultural: Promoción del orgullo y sentido de pertenencia hacia el patrimonio histórico de Managua, fomentando la conexión emocional con el legado cultural.
- Sensibilización sobre la Conservación del Patrimonio: Aumento de la conciencia colectiva sobre la importancia de preservar la memoria histórica como un valor fundamental para las generaciones futuras.
- Fomento de la Innovación Educativa: Introducción de una metodología de aprendizaje interactivo que revoluciona la forma en que se transmite el conocimiento histórico y arquitectónico.
- Generación de Impacto Social Positivo: Contribución al desarrollo cultural y educativo de la población, al brindarles acceso a un recurso inclusivo y transformador.
- Mejoramiento de la Experiencia del Usuario: Provisión de una herramienta intuitiva y dinámica que genera satisfacción al ofrecer una manera novedosa y atractiva de explorar el pasado.

7.1.4. Análisis de Requerimientos

7.1.4.1. Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales definen las funcionalidades que el sistema debe ofrecer, detallando las relaciones causa-efecto entre las entradas del usuario y las salidas del sistema, así como las condiciones bajo las cuales el sistema debe operar.

Los requisitos funcionales tendrán una codificación con el siguiente formato: **AA-00-00**, donde las primeras dos letras harán referencia a si es un requisito funcional (RF) o un requisito no funcional (RNF), los siguiente dos dígitos el número de módulo y los últimos dos dígitos el número de funcionalidad.

Como **primera base de fundamentación**, se recibió una **carta de aval emitida por un representante de la Alcaldía de Managua (ver Anexo 2)**, en la que, tras la presentación del

proyecto, se validaron y sugirieron las siguientes funciones para enriquecer la experiencia del visitante:

- Visualizar todos los modelos disponibles para que el usuario elija cuál observar.
- Seleccionar un modelo y desplegarlo en realidad aumentada, a escala real.
- Mover y ubicar el modelo en la posición deseada.
- Girar el modelo para apreciarlo desde cualquier ángulo.
- Quitar un modelo cuando ya no se desee visualizar.
- Mostrar información del edificio o lugar observado para brindar contexto educativo.
- Tomar fotografías durante el recorrido virtual como recuerdo de la experiencia.

Este respaldo institucional confirma la pertinencia de las funcionalidades propuestas y su valor en la preservación del patrimonio histórico-cultural de la ciudad.

Como **segunda base de fundamentación**, se empleó el **método empírico de observación directa no participante** para identificar las necesidades reales de los usuarios. Este método permitió registrar y analizar comportamientos de potenciales usuarios en entornos culturales similares al uso previsto de la aplicación, como museos, sitios turísticos y centros culturales de Managua.

Durante el estudio se identificaron patrones de interacción y preferencias en relación con la exploración de contenido histórico, manipulación de objetos físicos y digitales, y búsqueda de información cultural. A partir de estos patrones se determinó la necesidad de incluir funcionalidades como: visualización clara de modelos disponibles, despliegue en realidad aumentada, manipulación de posición y rotación, eliminación de modelos no deseados, presentación de información contextualizada y captura de fotografías.

Para estandarizar la recolección de datos se utilizó una guía de observación que contempló:

- **Categorías:** interacción con material visual, búsqueda de información, manipulación de objetos físicos o digitales, uso de dispositivos móviles para documentación.

- **Indicadores:** tiempo de atención, intentos de manipulación, reacciones de interés o dificultad, frecuencia y tipo de uso de dispositivos móviles.
- **Registro cualitativo:** anotaciones descriptivas de comportamientos relevantes.

Las observaciones se desarrollaron en tres sesiones de 40 minutos, los días 8, 9 y 10 de agosto, seleccionando de manera aleatoria a visitantes de la Vieja Managua. La muestra estuvo compuesta por 24 personas (13 hombres y 11 mujeres) con edades entre 18 y 55 años, lo que permitió obtener una perspectiva amplia y representativa para la definición de los requisitos funcionales.

Esta guía permitió obtener datos precisos para identificar necesidades reales y definir los requisitos funcionales de la aplicación, asegurando que estos respondan a comportamientos observados y no solo a suposiciones teóricas.

Tabla 7

RF-01-01

Código	RF-01-01
Título	Visualización de modelos disponibles
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zuniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios acceder a un catálogo interactivo donde podrán explorar todos los modelos de los edificios más representativos de la avenida Roosevelt, en la vieja Managua, Nicaragua. Este catálogo mostrará miniaturas y nombres de los modelos, facilitando la selección del edificio deseado.
Entrada	Solicitud del usuario para abrir el catálogo de modelos. Interacción con la interfaz de usuario.
Proceso	Recuperar los modelos 3D almacenados en la base de datos. Generar miniaturas y nombres de los modelos. Renderizar las listas de modelos en la interfaz gráfica.

Salida	visualización del catálogo con miniaturas y nombres de modelos. Posibilidad de seleccionar un modelo para su posterior visualización en realidad aumentada.
--------	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8

RF-01-02

Código	RF-01-02
Título	Selección y visualización en AR
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios seleccionar un modelo de edificio desde el catálogo interactivo y visualizarlo en un entorno de realidad aumentada. Esto incluirá la capacidad de colocar el modelo en el espacio físico detectado por la cámara del dispositivo, ajustando automáticamente el tamaño y la perspectiva para integrarlo con el entorno real.
Entrada	Selección de un modelo desde el catálogo interactivo. Captura del entorno físico mediante la cámara del dispositivo. Interacción del usuario para posicionar el modelo en el espacio detectado.
Proceso	Cargar el modelo 3D seleccionado. Analizar el entorno físico con la cámara para detectar superficies adecuadas. Renderizar el modelo en la posición seleccionada. Ajustar la longitud y perspectiva del modelo según el entorno detectado.
Salida	Visualización del modelo en el entorno de realidad aumentada. Posibilidad de reubicar o ajustar el modelo antes de su posicionamiento definitivo.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9

RF-01-03

Código	RF-01-03
Título	Manipulación de posición del modelo

Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zuniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios mover los modelos seleccionados dentro del entorno de realidad aumentada, permitiendo arrastrarlos con gestos táctiles en la pantalla. Los usuarios podrán ajustar la posición exacta del modelo en el entorno físico simulado para colocarlo en el lugar deseado.
Entrada	Selección de un modelo previamente colocado en AR. Interacción táctil del usuario (arrastrar con un dedo para mover el modelo).
Proceso	Detectar la interacción táctil del usuario. Actualizar la posición del modelo en función del movimiento del dedo. Mantener la alineación del modelo con la superficie detectada en el entorno físico.
Salida	Modelo reposicionado en la nueva ubicación dentro del entorno de realidad aumentada. Retroalimentación visual indicando la posición final del modelo.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

RF-01-04

Código	RF-01-04
Título	Rotación de los modelos
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios rotar los modelos seleccionados en el entorno de realidad aumentada. Esta función ofrecerá un control preciso a través de gestos específicos, como el uso de dos dedos para rotar el modelo en diferentes ángulos, ayudando a observar cada detalle desde cualquier perspectiva.

Entrada	Selección de un modelo previamente colocado en AR. Interacción del usuario con gestos multitáctiles (uso de dos dedos para rotar el modelo).
Proceso	Detectar y analizar la entrada táctil del usuario. Aplicar la rotación en función del movimiento de los dedos. Actualizar la orientación del modelo en tiempo real.
Salida	Modelo rotado según la acción del usuario. Retroalimentación visual mostrando la nueva orientación del modelo.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

RF-01-05

Código	RF-01-05
Título	Eliminación de modelos
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios eliminar modelos previamente colocados en el entorno de realidad aumentada. Esto se realizará mediante un botón, asegurando que los usuarios puedan mantener el espacio visual organizado según sus preferencias.
Entrada	Selección de un modelo colocado en AR. Interacción del usuario a través de un botón de eliminación.
Proceso	Detectar la acción del usuario (pulsación del botón). Remover el modelo de la escena de realidad aumentada.
Salida	Modelo eliminado de la visualización en AR. Espacio despejado en la escena de realidad aumentada.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12*RF-01-06*

Código	RF-01-06
Título	Visualización de información del edificio
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios acceder a información detallada de cada edificio representado en los modelos. Los datos incluirán una breve historia del edificio, su relevancia cultural, ubicación exacta en la avenida Roosevelt y cualquier otro detalle de interés que enriquezca la experiencia del usuario con el contexto histórico de Managua.
Entrada	Selección de un modelo en el catálogo o en el entorno AR. Interacción del usuario con un botón o icono de información.
Proceso	Recuperar la información almacenada en la base de datos sobre el edificio seleccionado. Generar y mostrar una interfaz con los datos relevantes.
Salida	Visualización de la información del edificio.

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 13***RF-01-07*

Código	RF-01-07
Título	Captura de fotos
Versión	1.0
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga

Descripción	La aplicación permitirá a los usuarios capturar fotografías del entorno de realidad aumentada con los modelos colocados. Estas capturas incluirán todos los modelos y su contexto visual, permitiendo a los usuarios por compartir por medio de WhatsApp
Entrada	Presión del botón de captura en la interfaz de usuario.
Proceso	Capturar la imagen de la pantalla incluyendo los modelos AR y el entorno real.
Salida	Imagen generada con la escena de realidad aumentada. Confirmación visual. Posibilidad de compartir la imagen por medio de WhatsApp.

Fuente: Elaboración Propia

7.1.4.2. Requisitos no Funcionales

Los requisitos no funcionales son especificaciones que describen cómo debe comportarse un sistema o las condiciones que debe cumplir, en lugar de las funcionalidades que debe proporcionar. En otras palabras, se enfocan en los atributos de calidad, restricciones o criterios de rendimiento del sistema, en lugar de las acciones específicas que realiza

Tabla 15

RNF-01-01

Código	RNF-01-01
Título	Rendimiento óptimo de la aplicación
Versión	1
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación debe garantizar un rendimiento fluido y estable durante la carga y manipulación de modelos 3D en realidad aumentada, evitando retrasos, caídas o latencias que afecten la experiencia del usuario.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16*RNF-01-02*

Código	RNF-01-02
Título	Consistencia de la Interfaz de Usuario
Versión	1
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación deberá mantener un diseño coherente en todos sus elementos visuales (tipografía, colores, iconografía y disposición de botones) para garantizar una experiencia de usuario intuitiva y uniforme.

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 17***RNF-01-03*

Código	RNF-01-03
Título	Adaptabilidad a Diferentes Tamaños de Pantalla
Versión	1
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La interfaz deberá ser responsiva, ajustando de manera automática la disposición y tamaño de los elementos para adaptarse a teléfonos y tabletas con distintas resoluciones y relaciones de aspecto.

Fuente: Elaboración Propia**Tabla 18***RNF-01-04*

Código	RNF-01-04
Título	Usabilidad Intuitiva
Versión	1
Autores	Eduardo Castellón y Luis Zúniga
Descripción	La aplicación debe ser fácil de usar y comprender, permitiendo que cualquier usuario interactúe con los modelos 3D y funciones de realidad aumentada sin dificultad, con una interfaz clara y respuestas rápidas a sus acciones.

Fuente: Elaboración Propia

7.1.5. Modelación de Requerimientos

Con el fin de modelar de forma clara y precisa los componentes del sistema, se decidió utilizar diagramas del Lenguaje de Modelado Unificado (UML) y así describir secuencialmente sus características, a pesar de no ser especificado por las metodologías seleccionadas.

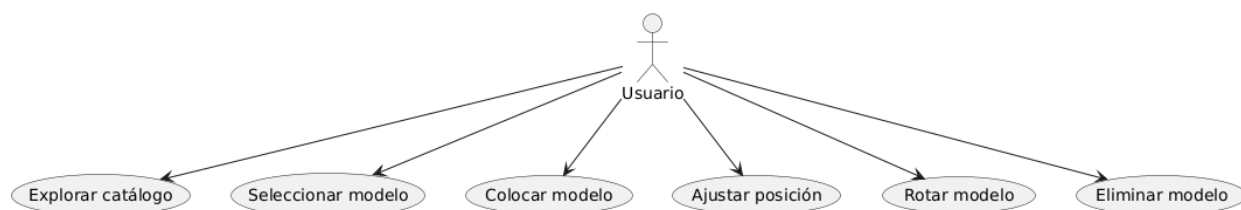
7.1.5.1. Diagramas de casos de uso

7.1.5.1.1. Visualización y Manipulación de Modelo

Este diagrama muestra cómo el usuario interactúa con la aplicación para visualizar modelos de edificios, seleccionarlos del catálogo, colocarlos en el entorno de realidad aumentada y manipularlos (moverlos, rotarlos o eliminarlos). Este caso de uso central soporta la exploración interactiva de la cultura arquitectónica.

Ilustración 2

Diagrama de Caso de Uso: Visualización y Manipulación de Modelos



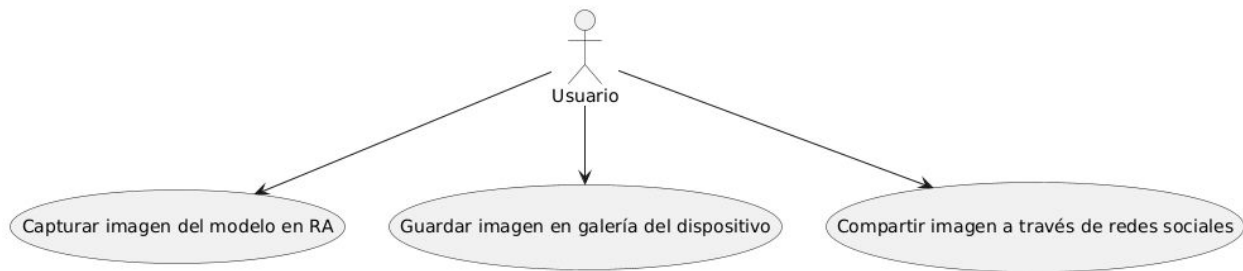
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.1.2. Captura y Compartir Fotos

Este diagrama representa la interacción del usuario con la aplicación para capturar fotografías de los modelos colocados en el entorno de realidad aumentada. También incluye la opción de compartir estas fotos en redes sociales para promover el patrimonio cultural.

Ilustración 3

Diagrama de Caso de Uso: Captura y Compartir de Fotografías



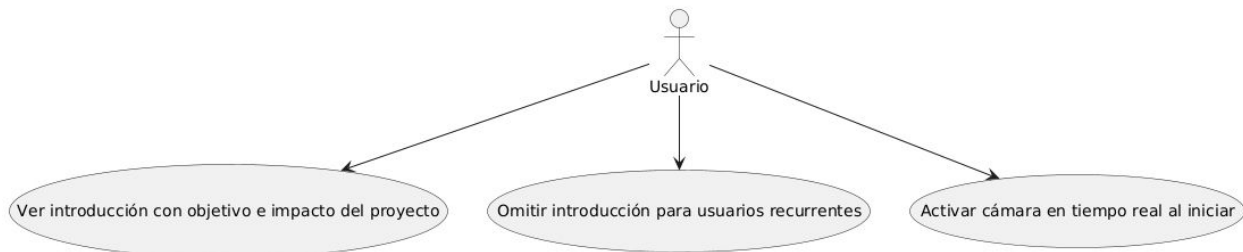
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.1.3. Onboarding y Acceso a Cámara

Este diagrama se centra en el flujo inicial al abrir la aplicación, incluyendo el Onboarding para explicar el propósito del sistema y la transición directa a la cámara para iniciar la experiencia en Realidad Aumentada.

Ilustración 4

Diagrama de caso de uso: Onboarding



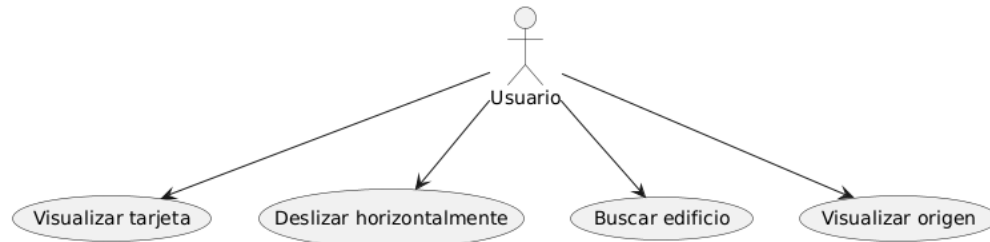
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.1.1. Interacción del Usuario

Este diagrama ilustra cómo los usuarios acceden a información detallada de los edificios y utilizan el menú de selección con desplazamiento vertical para explorar el catálogo.

Ilustración 5

Diagrama de Caso de Uso: Interacción del Usuario



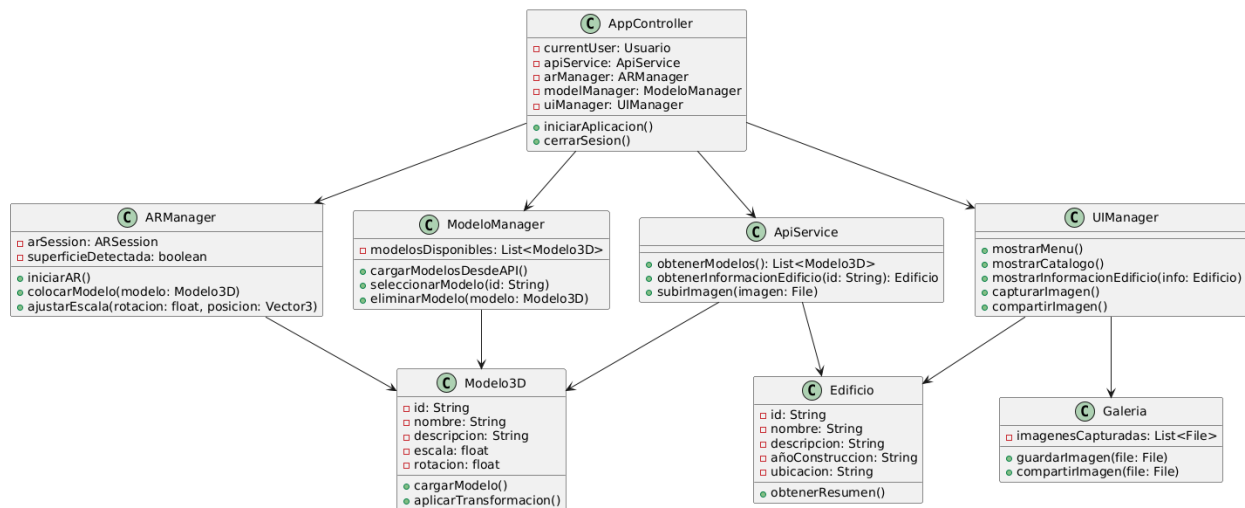
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.2. Diagramas de clases

El diagrama de clases detalla la estructura de la aplicación. Incluye clases principales como App, que gestiona el flujo general; Catalogo y Modelo, que manejan los datos de los edificios; Cámara, que soporta la captura y compartición de fotos; e información, que proporciona detalles históricos y culturales de los edificios.

Ilustración 6

Diagrama de clases. Estructura y Componentes



Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3. Diagramas de secuencia

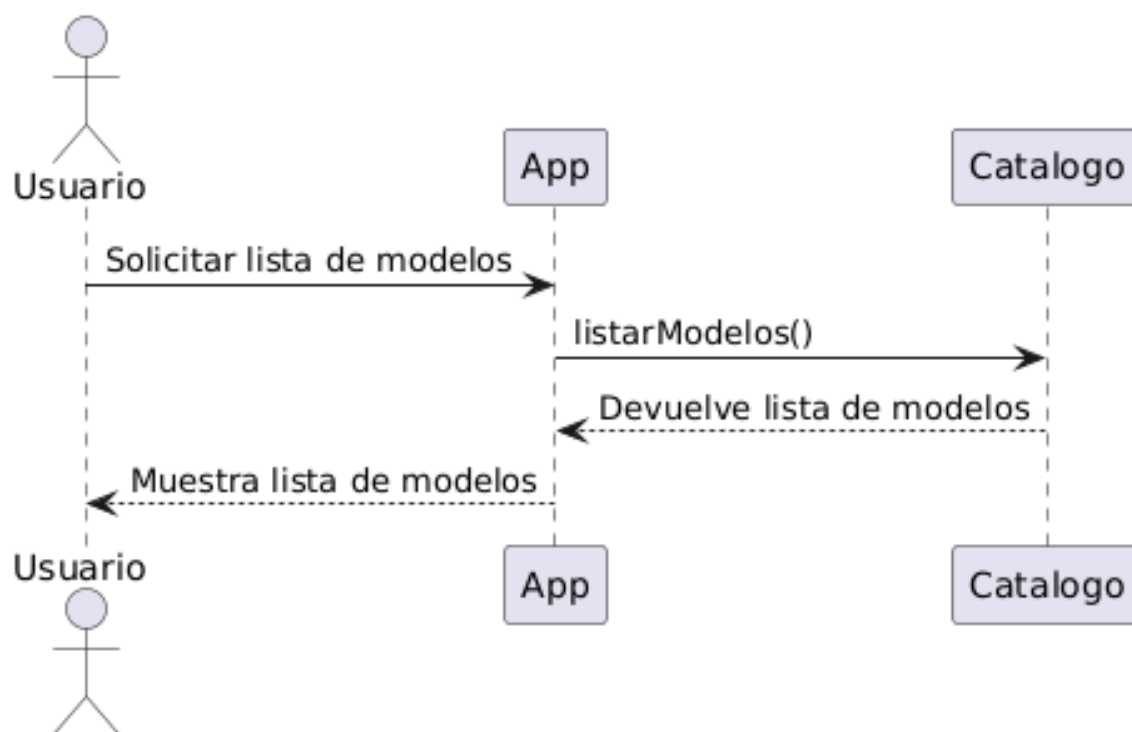
Los diagramas próximamente a presentar llamados de “Secuencia” nos permiten conocer el flujo desde en el que el usuario interactúa con cada funcionalidad.

7.1.5.3.1. Visualización de Modelos

Flujo de exploración del catálogo, incluyendo las interacciones para listar y seleccionar modelos.

Ilustración 7

Diagrama de secuencia. Visualización de Modelos



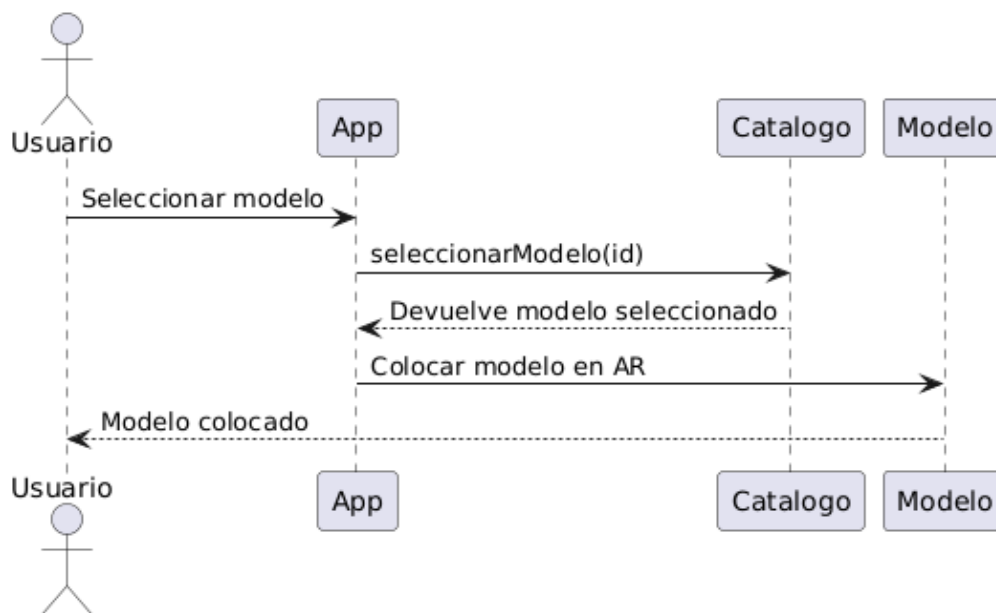
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.2. Selección y Visualización en Realidad Aumentada

Flujo de selección de un modelo y su colocación en el entorno AR.

Ilustración 8

Diagrama de Secuencia. Selección y Visualización en Realidad Aumentada



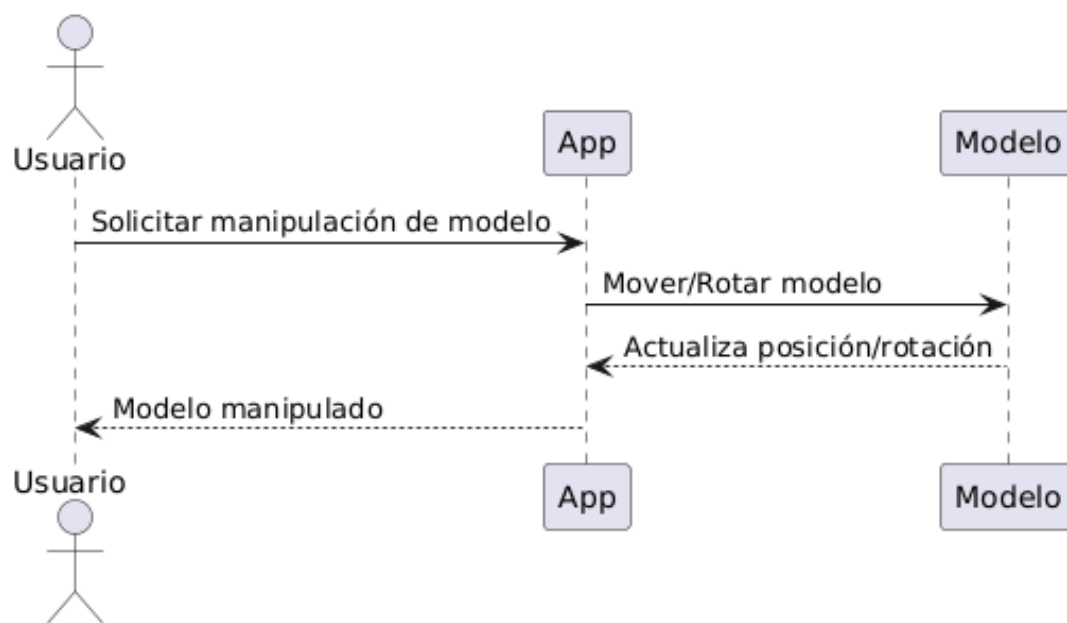
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.3. Manipulación de Modelos

Flujo para mover, rotar o eliminar un modelo colocado en AR.

Ilustración 9

Diagrama de Secuencia. Manipulación de Modelos



Fuente:

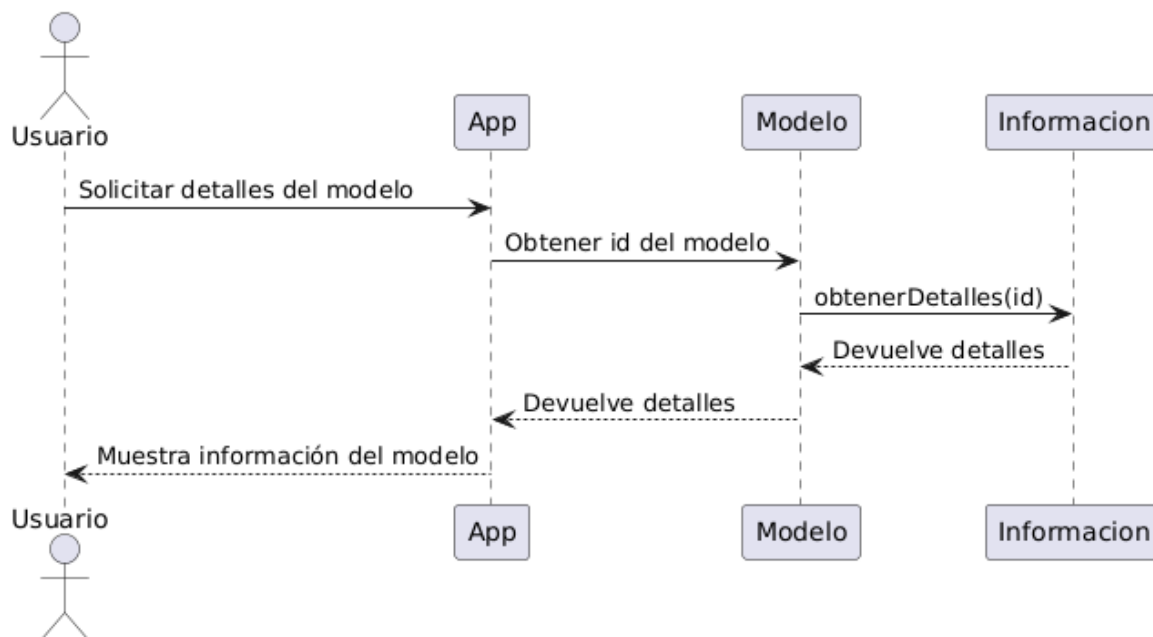
Elaboración Propia

7.1.5.3.4. Visualización de Información

Proceso de solicitud y recuperación de datos detallados de un edificio.

Ilustración 10

Diagrama de Secuencia. Visualización de Información



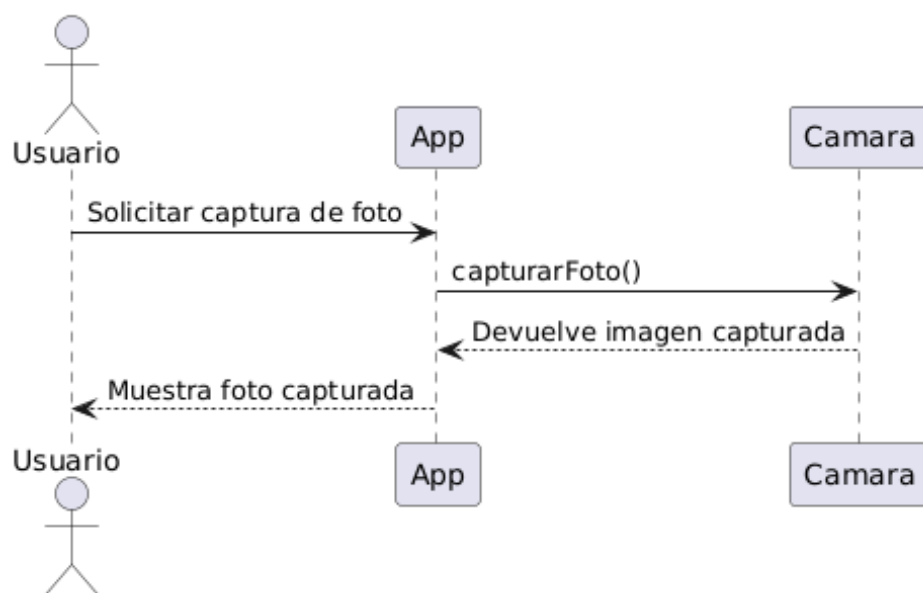
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.5. Captura de Fotos

Flujo desde la interacción del usuario hasta la generación de una imagen.

Ilustración 11

Diagrama de Secuencia. Captura de Fotos



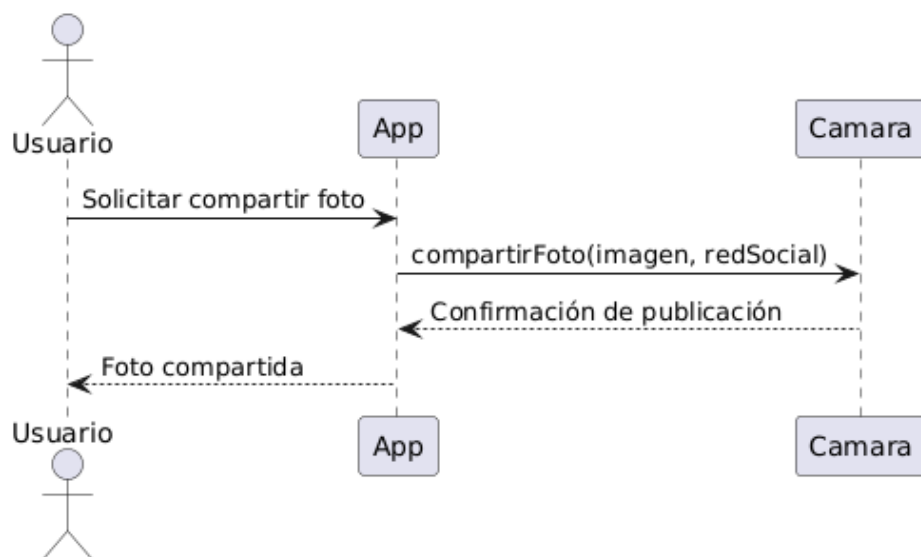
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.6. Compartir en Redes Sociales

Flujo para compartir una foto capturada directamente en redes sociales.

Ilustración 12

Diagrama de Secuencia. Compartir en Redes Sociales



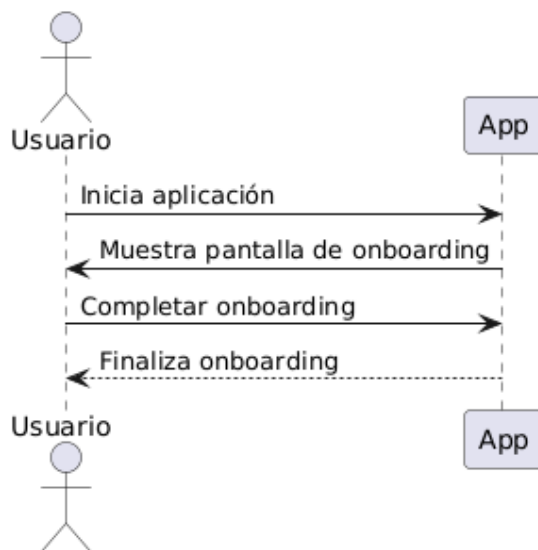
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.7. Onboarding

Flujo inicial que guía al usuario a través de la introducción al sistema.

Ilustración 13

Diagrama de Secuencia. Onboarding



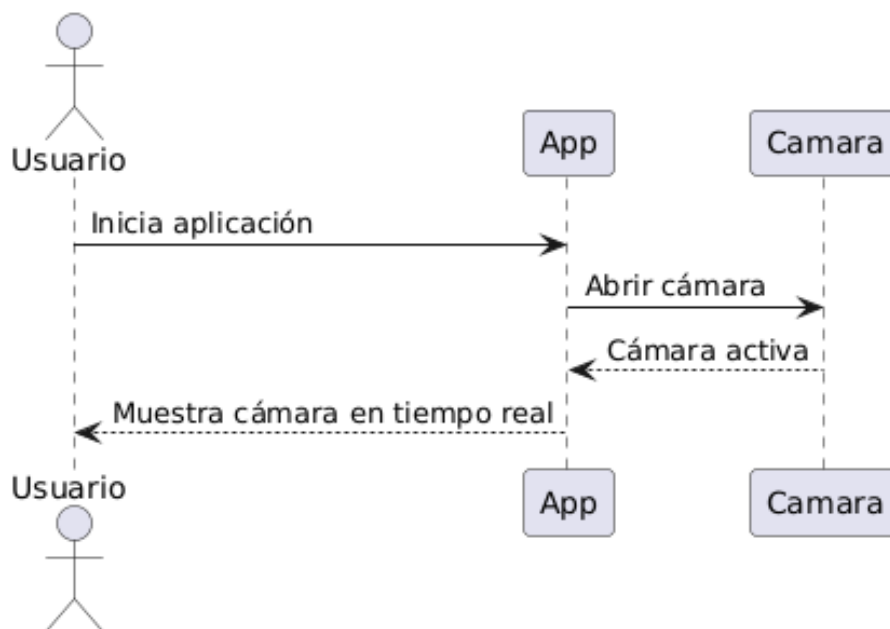
Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.3.8. Acceso a la Cámara

Flujo que permite abrir directamente la cámara tras completar el Onboarding.

Ilustración 14

Diagrama de Secuencia. Acceso a la Cámara



Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4. Diagramas de Actividad

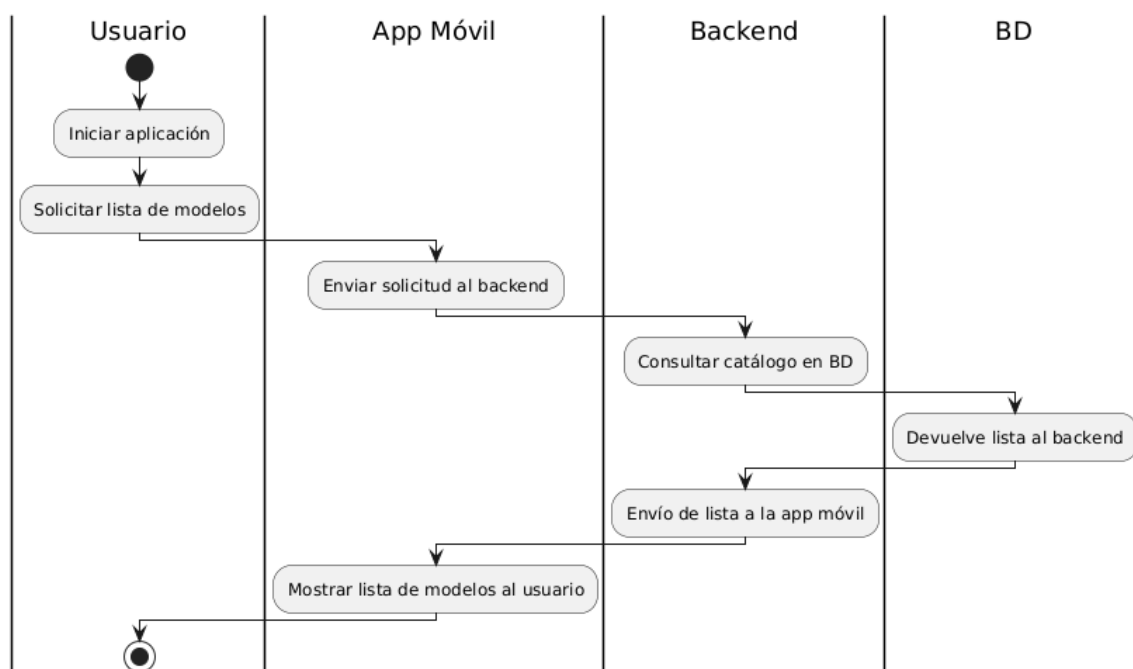
Los diagramas de actividad muestran el flujo de interacción entre el usuario y los componentes de la aplicación de realidad aumentada para visualizar los edificios de la avenida Roosevelt en la vieja Managua. Representan cómo la app gestiona cada funcionalidad, desde la exploración del catálogo hasta la manipulación de modelos en el entorno de realidad aumentada.

Cada proceso detalla la comunicación entre la app móvil, el backend y la base de datos. Cuando un usuario selecciona un modelo, la app envía la solicitud al backend, que consulta la base de datos y devuelve la información para su visualización en AR. También se representan funciones clave como el Onboarding, la captura y compartición de fotos, y el acceso a la cámara, asegurando una experiencia fluida e intuitiva. Estos diagramas ayudan a comprender cómo la aplicación facilita la exploración del patrimonio arquitectónico con una integración eficiente de datos y tecnología.

7.1.5.4.1. Visualización de Modelos

Ilustración 15

Diagrama de Actividad. Visualización de Modelos

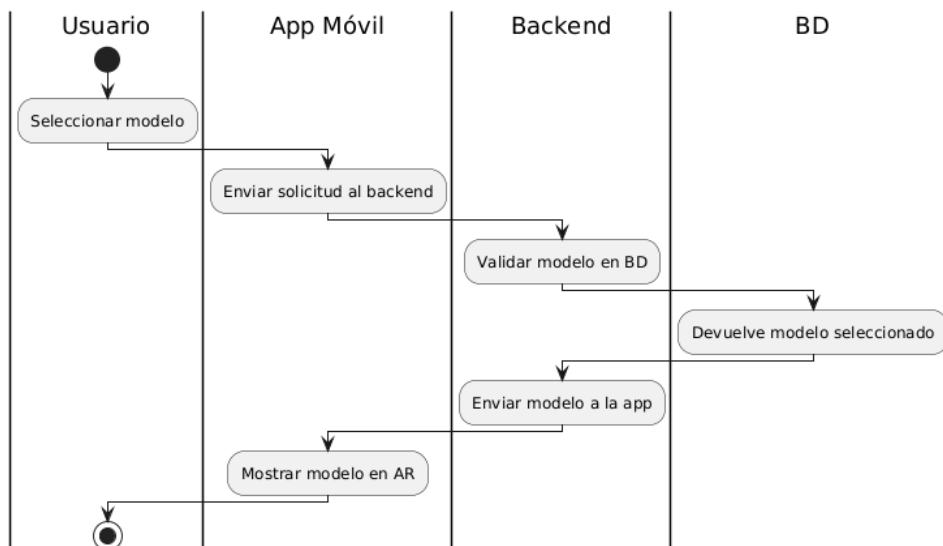


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.2. Selección y Visualización en Realidad Aumentada

Ilustración 16

Diagrama de Actividad. Selección y Visualización en Realidad Aumentada

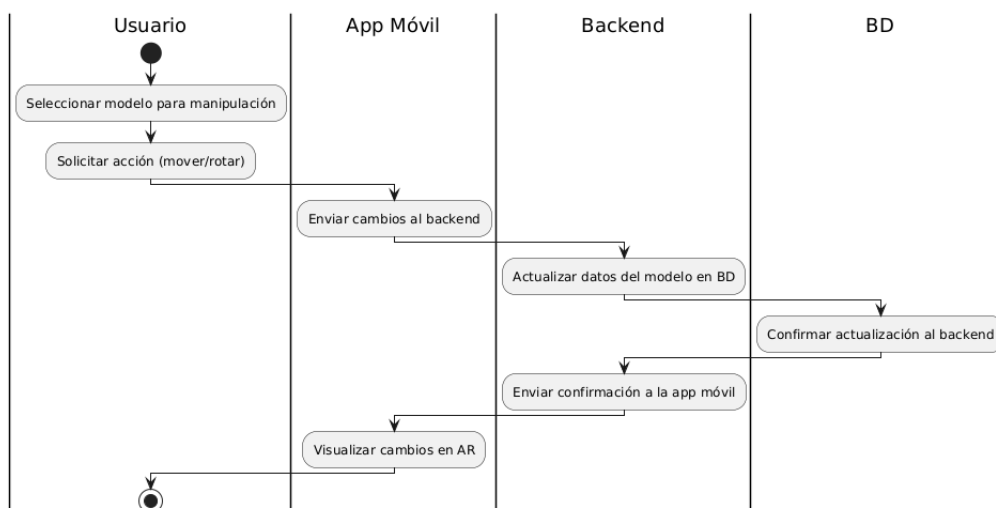


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.3. Manipulación de Modelos

Ilustración 17

Diagrama de Actividad. Manipulación de Modelos

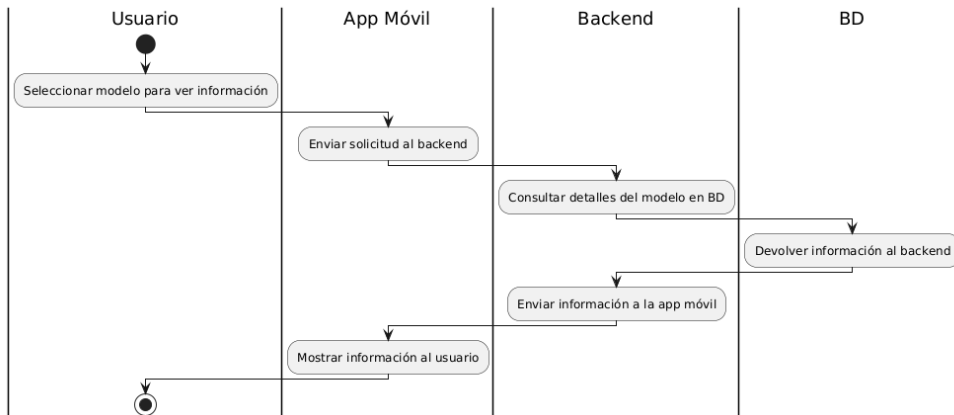


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.4. Visualización de Información

Ilustración 18

Diagrama de Actividad. Visualización de Información

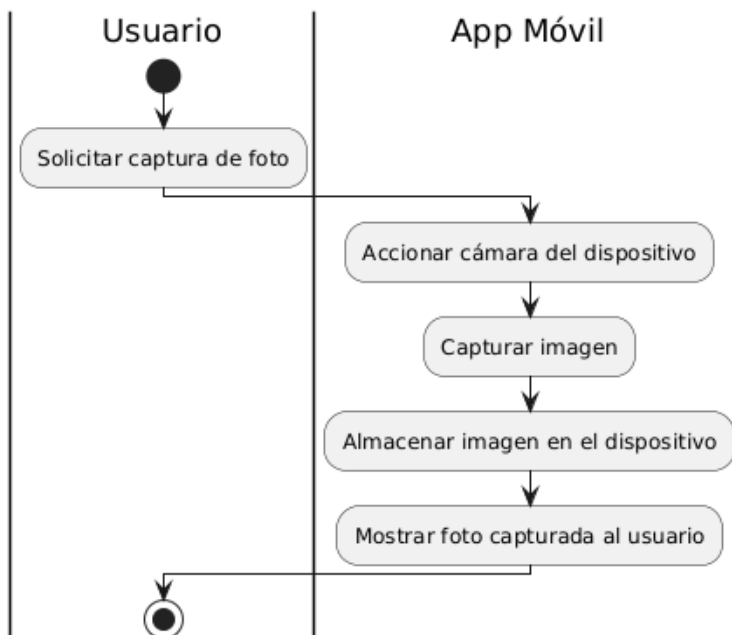


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.5. Captura de Fotos

Ilustración 19

Diagrama de Actividad. Captura de Fotos

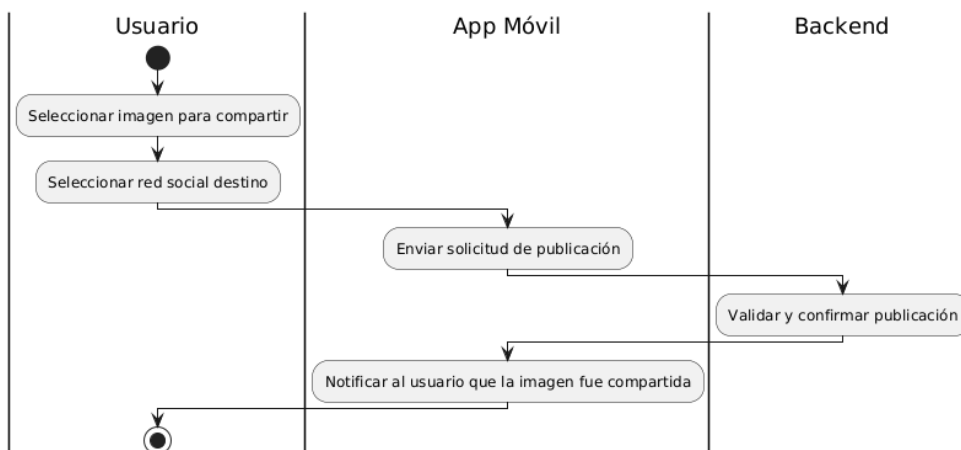


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.6. Compartir en Redes Sociales

Ilustración 20

Diagrama de Actividad. Compartir en Redes Sociales

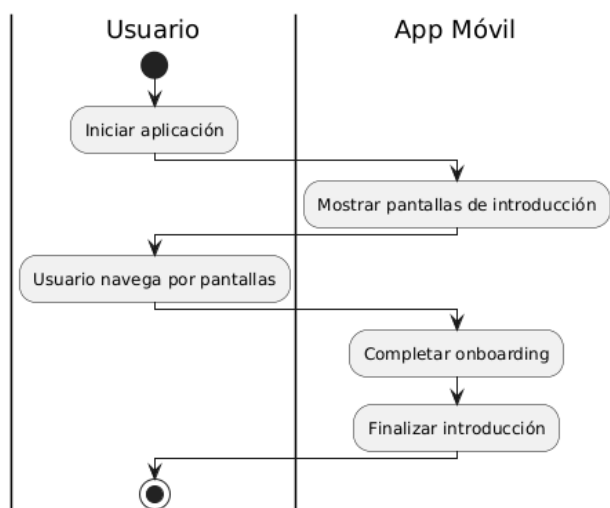


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.7. Onboarding

Ilustración 21

Diagrama de Actividad. Onboarding

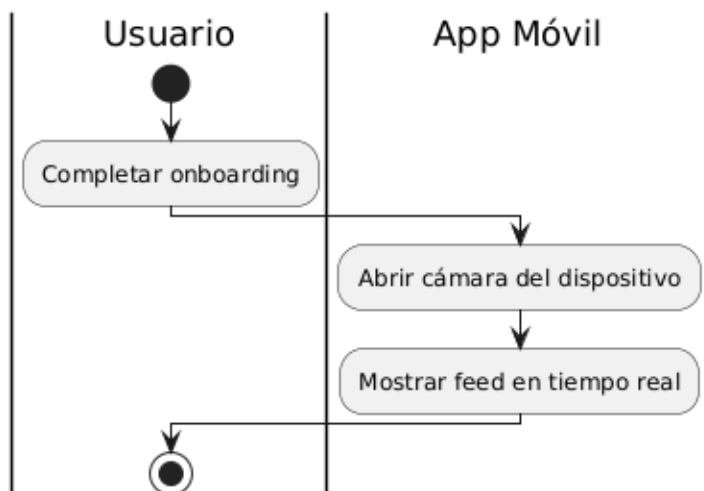


Fuente: Elaboración Propia

7.1.5.4.8. Acceso a la Cámara

Ilustración 22

Diagrama de Actividad. Acceso a la Cámara



Fuente: Elaboración Propia

7.1.6. Modelo de Contenido

La aplicación se fundamenta en componentes esenciales, diseñados para proporcionar una experiencia de aprendizaje inmersiva sobre las edificaciones más representativas de la Avenida Roosevelt en la vieja Managua antes del terremoto de 1972.

- Información de las edificaciones

Cada edificación contará con información relevante basada en fuentes históricas verificadas, permitiendo a los usuarios comprender su importancia dentro del contexto urbano de la época. Cada ficha de edificación incluirá:

- Nombre y título oficial de la edificación.
- Historia y contexto: Año de construcción y propósito original

- Función actual: Uso contemporáneo del espacio en caso de que la edificación aún exista o haya sido reemplazada.
- Estado de conservación: Indicación de si el edificio sigue en pie, ha sido modificado o demolido tras el terremoto de 1972.

- Modelos tridimensionales interactivos

Los modelos en 3D representan reconstrucciones precisas de las edificaciones, basadas en documentación histórica y referencias visuales. Cada modelo incluirá:

- Un modelo 3D detallado: Diseñado con texturas y colores.
- Opciones de exploración en realidad aumentada: Posibilidad de visualizar la estructura sobre entornos reales.
- Interacciones dinámicas: Herramientas para rotar, acercar y alejar el modelo en distintos ángulos.

- Plano multidinámico y geolocalización

Esta funcionalidad mejora la experiencia de realidad aumentada al reconocer el entorno físico y ubicar correctamente las edificaciones en el espacio real.

Características:

- Detección de superficie: La cámara del dispositivo analiza planos físicos para colocar los modelos con precisión.
- Alineación con el entorno: Posibilidad de ajustar la escala y orientación del modelo según el ángulo de visión del usuario.
- Visualización comparativa: Opción de superponer múltiples edificaciones en un mismo entorno para apreciar su disposición histórica.

7.1.7. Modelo de Navegación

El modelo de navegación de la aplicación está diseñado para proporcionar una experiencia de usuario intuitiva y fluida, optimizando la accesibilidad a la información y a las funciones de realidad aumentada. La estructura de navegación sigue un esquema modular y jerárquico que permite a los usuarios desplazarse fácilmente entre las distintas secciones sin dificultad.

- Pantalla de bienvenida

La aplicación se inicia con una pantalla de bienvenida que incluye el nombre de la aplicación y una breve descripción de la propuesta. En esta pantalla, se proporciona una introducción clara al propósito de NicAR, destacando su enfoque educativo y cultural en la visualización de edificios históricos mediante realidad aumentada. Además, esta pantalla incluye un acceso directo a la funcionalidad de realidad aumentada, lo que permite a los usuarios empezar a interactuar con los modelos 3D de inmediato.

- Barra de navegación o slider

Una vez en la pantalla principal, el usuario tiene acceso a la barra de navegación o slider en la parte inferior de la pantalla. Este elemento de navegación se mantiene visible en todo momento, facilitando el acceso rápido y directo a los diferentes modelos y funcionalidades. A través de esta barra o slider, los usuarios pueden explorar los modelos disponibles de las edificaciones representativas de la Avenida Roosevelt en la vieja Managua.

- Interacción directa con los modelos

El slider permite al usuario deslizarse entre los diferentes modelos de edificaciones, seleccionando el que desee explorar. Al elegir un modelo, el usuario puede interactuar con él de manera inmediata, disfrutando de una visualización dinámica en realidad aumentada (RA). Este flujo de navegación optimiza la accesibilidad al contenido, permitiendo al usuario elegir qué modelo explorar sin tener que navegar por múltiples pantallas.

- Exploración en 3D y RA

Una vez que el modelo se selecciona, el usuario tiene la opción de visualizarlo en realidad aumentada, utilizando la cámara de su dispositivo móvil. Los modelos en 3D pueden ser manipulados mediante gestos táctiles, permitiendo realizar acciones como rotación, zoom y desplazamiento para observar la edificación desde diferentes ángulos y perspectivas. Esta capacidad interactiva invita a los usuarios a sumergirse en un entorno tridimensional que combina la historia con la tecnología de RA.

- Accesibilidad continua

En todo momento, el usuario puede acceder a la barra de navegación. Esto garantiza que, independientemente de la acción que este realizando siempre tendrá acceso inmediato a la barra de navegación en donde podrá interactuar con los modelos

7.1.8. Conclusiones del Análisis de Requerimientos

La definición de requisitos y la representación mediante diagramas UML han permitido estructurar de manera clara el funcionamiento de la aplicación de realidad aumentada para la visualización de los edificios más representativos de la avenida Roosevelt en la vieja Managua. Desde la identificación de requisitos funcionales y no funcionales hasta la elaboración de diagramas de casos de uso, clases, secuencia y actividad, se ha construido una visión detallada del sistema, asegurando que cada componente cumpla con su propósito dentro de la experiencia del usuario.

El análisis ha reflejado la importancia de la interacción entre la app móvil, el backend y la base de datos, garantizando una comunicación fluida en cada proceso. Se han definido flujos de trabajo eficientes que abarcan desde la exploración del catálogo hasta la manipulación de modelos en AR, la captura y compartición de fotos, y la incorporación de elementos de usabilidad como el Onboarding y el acceso directo a la cámara.

Esta documentación técnica proporciona una base sólida para el desarrollo del sistema, facilitando la implementación y asegurando que la aplicación no solo cumpla con sus objetivos funcionales, sino que también ofrezca una experiencia intuitiva y enriquecedora para el usuario.

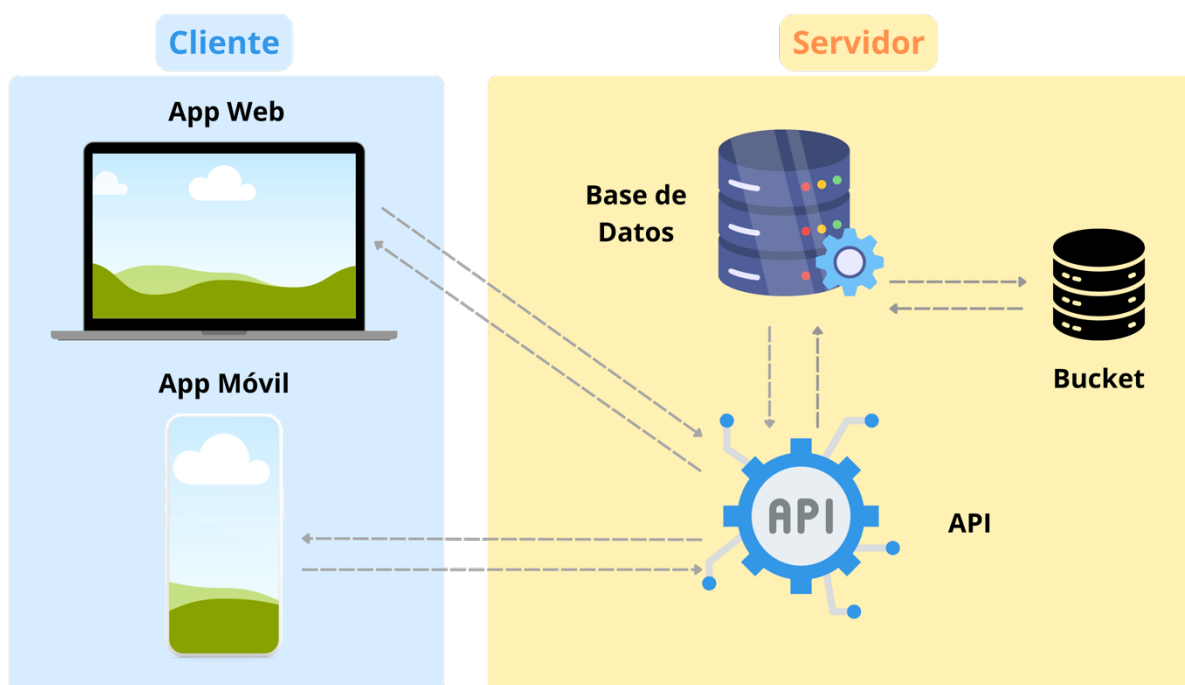
7.2. Diseño de la Arquitectura de Software Basada en Metodología Mixta

El diseño de la arquitectura de software es un proceso fundamental en el desarrollo de sistemas modulares y escalables. En este capítulo se presenta la arquitectura de software propuesta para la aplicación NicAR, basada en un enfoque metodológico mixto que combina la Ingeniería de Software Basada en Componentes (ISBC) y la metodología AODDEI. Esta combinación permite garantizar una integración eficiente de los módulos y funcionalidades requeridas, siguiendo principios de modularidad, reusabilidad y flexibilidad. Estableciendo un marco sólido para el desarrollo e implementación de NicAR.

7.2.1. Definición de la Arquitectura del Software

Ilustración 23

Arquitectura del Software NicAR



Fuente: Elaboración Propia

Bajo la lógica de la metodología mixta ISBC y AODDEI, el diseño del sistema NicAR se estructura en capas claramente definidas que responden a principios de modularidad y separación de responsabilidades. En este enfoque, los clientes, conformados por la aplicación móvil de realidad

aumentada, que consume y visualiza modelos mediante solicitudes a una API, y la aplicación web de administración de contenido, encargada de gestionar y actualizar la información disponible en el sistema, actúan como puntos de interacción directa con el usuario.

Por su parte, el servidor centraliza la lógica de negocio mediante una API que procesa solicitudes, una base de datos que almacena y recupera información estructurada, y un bucket que aloja los archivos tridimensionales utilizados en la visualización aumentada.

Esta organización por capas permite que cada módulo funcione de manera especializada y desacoplada, favoreciendo la escalabilidad, el mantenimiento y la reutilización de componentes en diferentes contextos. La ilustración 23 representa gráficamente esta conexión entre clientes y servidor, evidenciando el flujo de comunicación y el intercambio de datos que permite la operación del sistema.

7.2.2. Modelado de la Arquitectura del Sistema

Ilustración 24

Integración Modular NicAR



Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 24 presenta un diagrama de bloques que resume la arquitectura funcional del sistema. En él se identifican los módulos clave de la aplicación, organizados según su responsabilidad dentro del flujo general. Cada bloque representa un componente específico como la interfaz de usuario, el procesamiento de realidad aumentada, la gestión de modelos 3D, la captura de imágenes, la comunicación con APIs y base de datos, así como los módulos de administración y autenticación. Esta representación permite visualizar de forma clara la estructura lógica del sistema y cómo se conectan sus partes principales.

7.2.3. Descripción General de la Arquitectura

La arquitectura de NicAR se fundamenta en un enfoque basado en componentes, permitiendo la integración modular de las funcionalidades de realidad aumentada, al mismo tiempo, la gestión de modelos 3D y la interacción del usuario. La combinación de la ingeniería de la ingeniería de Software Basada en Componentes (ISBC) con la metodología AODDEI garantiza un desarrollo flexible y adaptable, formando una metodología mixta en donde cada módulo es independiente y reutilizable.

El sistema opera bajo una arquitectura en capas, desacoplando la interfaz de usuario, la lógica de procesamiento y la gestión de datos. Esto permite que cada componente funcione de manera autónoma, mejorando la mantenibilidad y escalabilidad de la aplicación.

El flujo de interacción del usuario a lo largo de la aplicación es el siguiente:

1. Se muestra un disclaimer inicial explicando el propósito del desarrollo de la aplicación.
2. Se activa el visor de la cámara, que inicia el reconocimiento de superficie para la colocación de modelos 3D.
3. El usuario puede interactuar con tres botones principales:
 - Cerrar la aplicación.
 - Explorar los modelos disponibles.
 - Captura de pantalla.

4. Al seleccionar el botón central, se despliega una lista con los modelos disponibles, mostrando:
 - Nombre del edificio.
 - Uso actual del edificio o estructura.
 - Estado del edificio (activo o inactivo).
5. Una vez se selecciona el modelo, el usuario puede:
 - Moverlo, escalarlo y rotarlo antes de posicionarlo en una superficie reconocida.
 - Colocar múltiples modelos en diferentes ubicaciones sin afectar los ya posicionados.
 - Explorar libremente las edificaciones colocadas desde distintos ángulos.

Este enfoque nos permite la modularización y escalamiento de la aplicación, permitiendo la integración de nuevos modelos o funcionalidades sin afectar la estabilidad de la aplicación.

7.2.4. Componentes y Módulos del Sistema

Con el fin de garantizar una ejecución eficiente y fluida, NicAR esta organizada en diferentes módulos, cada uno cumpliendo una función específica:

1. Módulo de interfaz de Usuario
 - Administrar la interacción del usuario con la aplicación.
 - Renderizar la cámara y los controles de navegación.
 - Permite la selección, manipulación y posicionamiento de modelos.
2. Módulo de procesamiento de realidad aumentada
 - Detecta planos y superficies para colocación de modelos.
 - Maneja la persistencia de los modelos 3D en su ubicación establecida.
 - Integra la realidad aumentada para la renderización de los modelos 3D.

3. Módulo de gestión de Modelo 3D

- Administra la carga, visualización y almacenamiento de modelos históricos.
- Contiene información sobre cada modelo, incluyendo nombre, estado y uso actual.
- Permite la manipulación del tamaño, rotación y posición antes de fijarlo en el entorno.

4. Módulo de captura de Imágenes

- Permite al usuario tomar capturas de pantalla de los modelos posicionados y compartirlos por medio de WhatsApp.

5. Módulo de comunicación con Backend

- Gestiona la información de los edificios y modelos 3D disponibles en la aplicación.

6. Módulo de Administración

- Permite a los administradores del sistema agregar, editar o eliminar contenido a la aplicación.

7. Módulo de Autenticación

- Permite a los administradores autenticarse al sistema.

Cada módulo opera de forma desacoplada, garantizando una estructura escalable y flexible.

7.2.5. Modelo de Interacción entre Módulos

La interacción entre módulos sigue un enfoque cliente-servidor, donde la aplicación móvil (cliente) consume los datos de los modelos almacenados en la base de datos y procesa la información mediante el motor de realidad aumentada. El flujo de interacción dentro de la aplicación se puede sintetizar mediante los siguientes incisos:

1. **El usuario inicia la aplicación**, activando el visor de cámara y el reconocimiento de planos.
2. **El módulo de UI muestra la lista de modelos**, recuperando la información del módulo de gestión de modelos 3D.

3. **Al seleccionar un modelo**, el módulo de realidad aumentada procesa y renderiza la visualización en el espacio detectado.
4. **Los modelos posicionados permanecen en su ubicación**, gracias a las funciones de persistencia del módulo AR.
5. **El usuario puede capturar imágenes y compartirla por medio de WhatsApp.**
6. **Si se requiere descargar nuevos modelos**, el módulo de comunicación con APIs consulta y actualiza los datos disponibles.

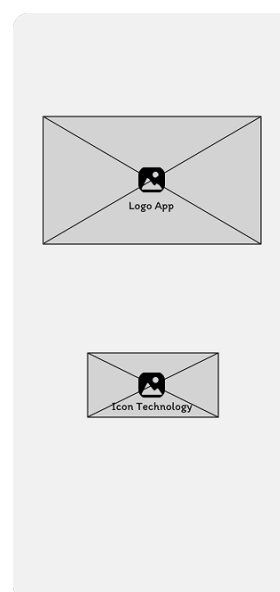
Este modelo modular permite agregar nuevas funcionalidades sin comprometer el rendimiento de la aplicación y tampoco modificar la lógica central de la aplicación.

7.2.6. Wireframes

Los Wireframes de la aplicación NicAR, permiten visualizar la estructura y disposición de los elementos de la interfaz antes de su implementación. A través de estos bocetos, se establece una guía clara sobre la experiencia de usuario, garantizando una navegación intuitiva y una interacción fluida.

7.2.6.1. Pantalla de inicio y Onboarding

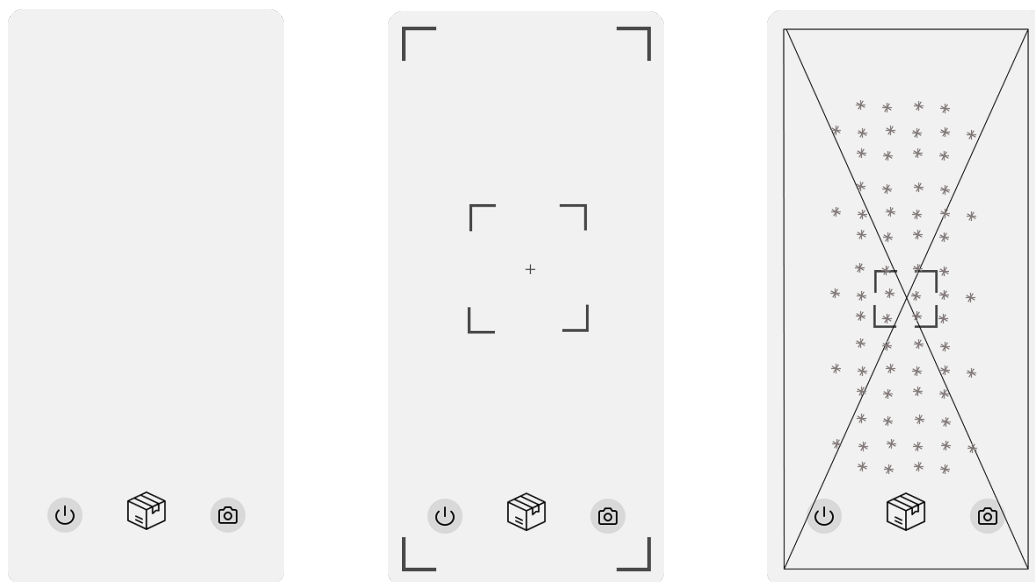
Se introduce a los usuarios a la aplicación mediante un proceso de Onboarding en donde se brinda una breve introducción a cerca del uso de la aplicación y su propósito.





7.2.6.2. Visor de realidad aumentada

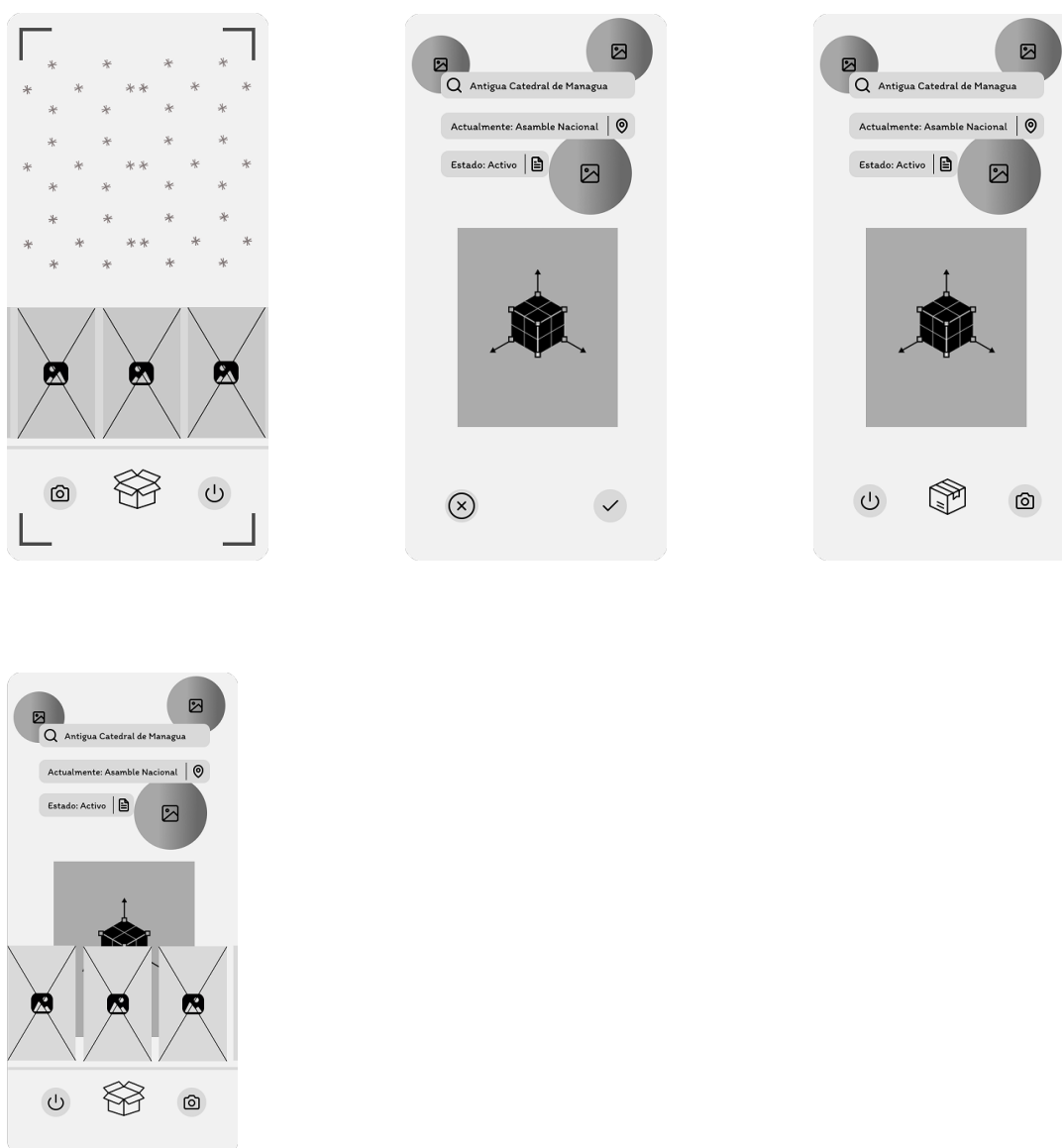
En estas pantallas se representa el núcleo de la aplicación, donde los usuarios pueden interactuar con los modelos 3D, a través de los botones disponibles para interactuar en la aplicación.



7.2.6.3. Menú de modelos

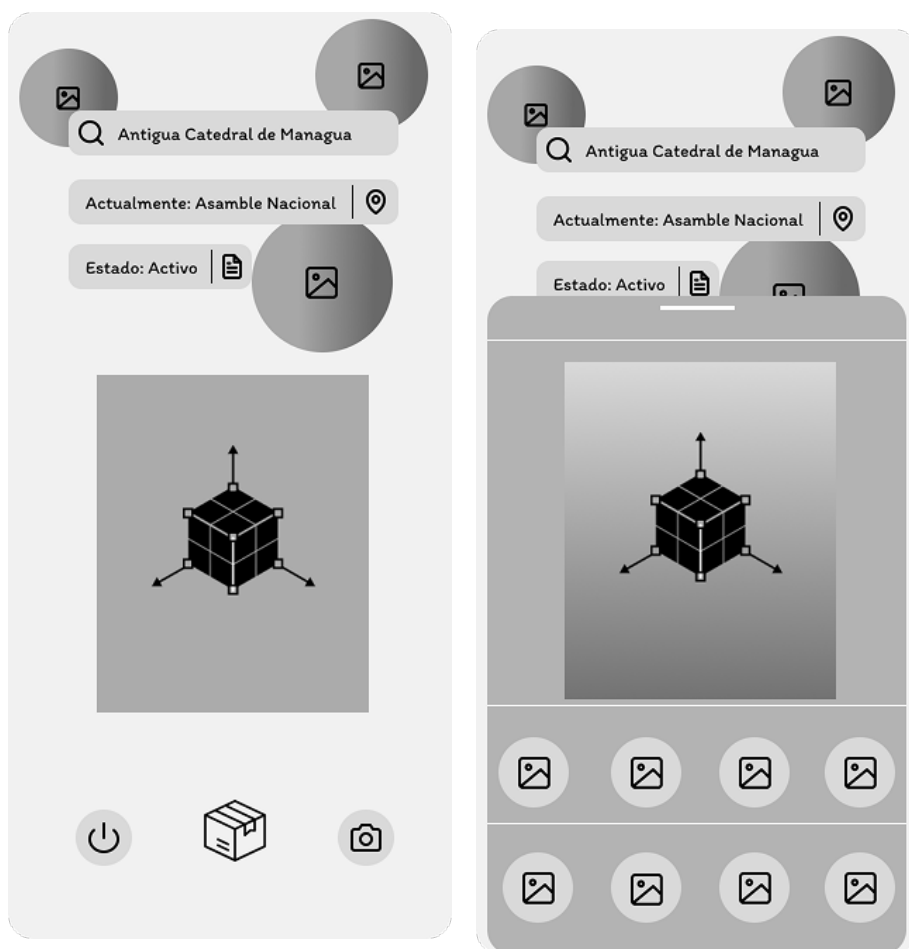
Este módulo permite seleccionar y visualizar los modelos 3D disponibles para su despliegue, pudiendo visualizar información como nombre, estado y función de la edificación seleccionada, con la posibilidad de mostrar de forma previa la edificación antes de seleccionar un punto específico para su posicionamiento, permitiendo, cancelarla reposicionar la edificación en otro punto dentro del espacio disponible.

Por otro lado, se tiene acceso a los botones principales que nos permiten salir de la aplicación, abrir o cerrar la lista de modelos disponibles y la opción de capturar de pantalla.



7.2.6.4. Menú de captura de imágenes

Este módulo permite a los usuarios compartir su experiencia en realidad aumentada. La funcionalidad de capturar esta diseñada para facilitar la documentación y difusión de las edificaciones históricas visualizadas en NicAr.



7.2.6.5. Diseño de objetos Virtuales de Aprendizaje

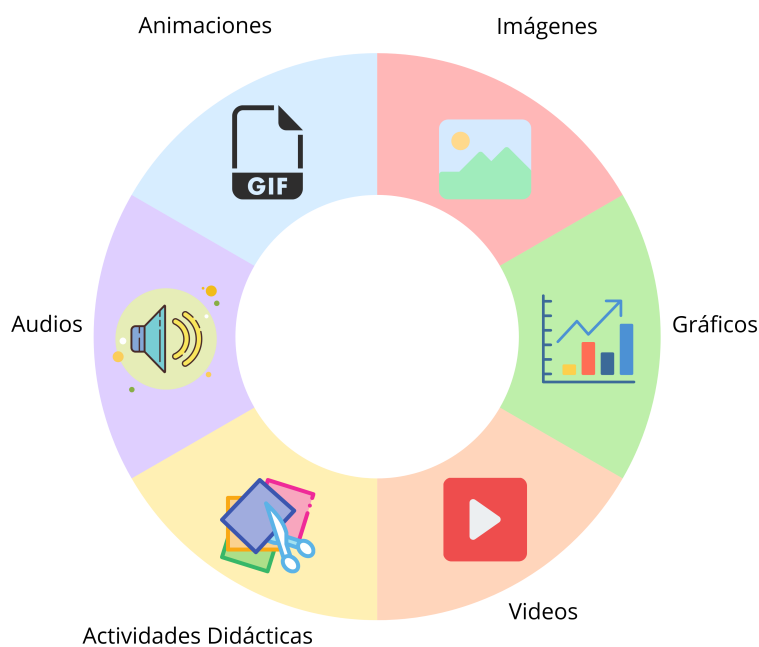
Un objeto virtual de aprendizaje es un recurso digital diseñado con fines educativos que integra contenido estructurado y elementos interactivos para facilitar la comprensión de un tema específico. Estos pueden incluir:

1. Gráficos
2. Imágenes
3. Audios
4. Actividades Didácticas
5. Animaciones
6. Videos

Como se puede visualizar en la siguiente Ilustración:

Ilustración 25

Recursos Multimedia para el Aprendizaje

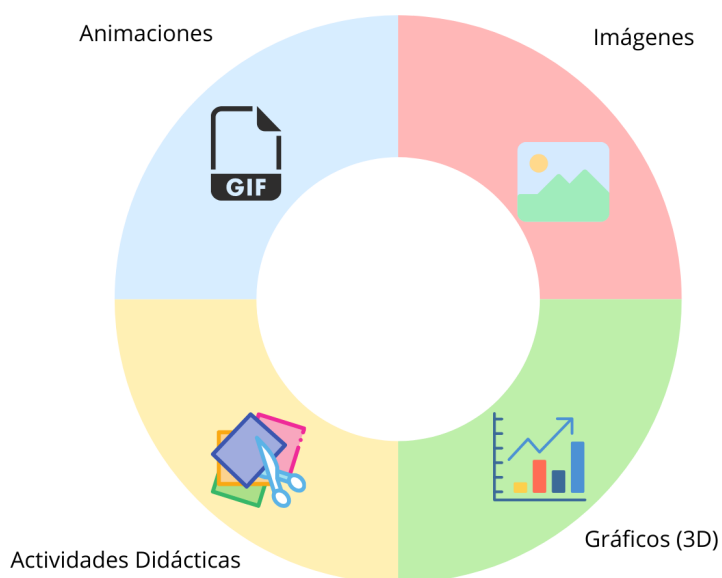


Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la aplicación NicAR, estos objetos están representados por modelos tridimensionales de edificios históricos de la avenida Roosevelt, acompañados de información contextual y funciones interactivas como la manipulación en realidad aumentada y la visualización guiada. Estos recursos están concebidos para ser utilizados directamente dentro de la aplicación móvil, permitiendo al usuario aprender de forma visual, práctica y situada, fortaleciendo el vínculo entre tecnología, educación y patrimonio cultural. Teniendo en ella imágenes, gráficos 3D, animaciones y actividades didácticas. Como se puede ver en la Ilustración 26.

Ilustración 26

Ficha de Recursos Educativos Digitales

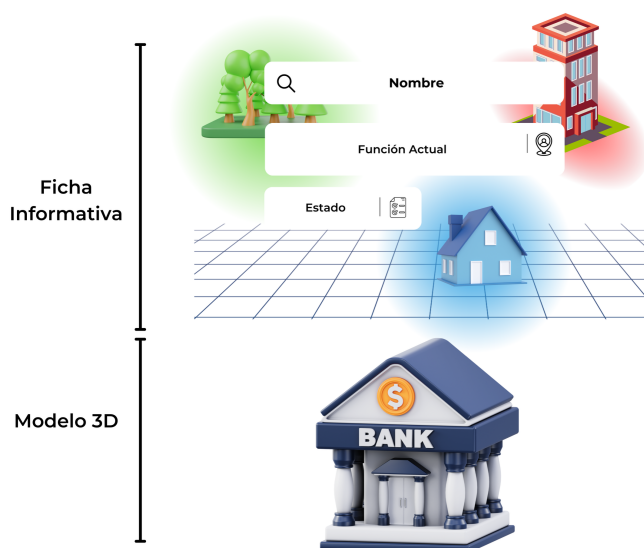


Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la Ilustración 26, el objeto virtual de aprendizaje constará de una ficha informativa y descriptiva del edificio superpuesta de forma superior al modelo 3D.

Ilustración 27

Ficha de Informativa Modelo 3D



Fuente: Elaboración Propia

7.2.7. Conclusiones del Diseño de la Arquitectura de Software

La arquitectura de software diseñada para la aplicación NicAR responde a la necesidad de integrar de manera eficiente los diferentes módulos que conforman el sistema, garantizando su funcionamiento coherente y orientado a objetivos educativos y culturales. Esta arquitectura no solo asegura la funcionalidad de la aplicación, sino que también sustenta el propósito pedagógico del proyecto, al permitir la incorporación fluida de objetos virtuales de aprendizaje dentro de una experiencia inmersiva y expansión del sistema.

A través de la definición clara de componentes, la estructuración por capas y el modelado gráfico de las interacciones, se consolidó una base sólida para la implementación técnica de NicAR. Esta arquitectura no solo asegura la funcionalidad de la aplicación, sino que también sustenta el propósito pedagógico del proyecto, al permitir la incorporación fluida de objetos virtuales de aprendizaje dentro de una experiencia inmersiva, accesible y significativa para los usuarios.

7.3. Desarrollo del Prototipo Funcional con AR Foundation en Unity

En esta sección se presenta el proceso de desarrollo y validación del prototipo funcional de la aplicación NicAR, concebida como una herramienta tecnológica para la visualización inmersiva del patrimonio arquitectónico de la Vieja Managua.

El objetivo fue construir una versión operativa de la aplicación que integrara modelos tridimensionales con funciones interactivas, por ello, se detallan los procedimientos de implementación técnica del prototipo, incluyendo el escaneo de edificaciones y la incorporación de los modelos 3D en la aplicación móvil.

7.3.1. Implementación de Prototipo Funcional

7.3.1.1. Proceso de Escaneo de Edificios

Para la obtención de información fidedigna, se seleccionaron los maquetas del “Paseo de la Vieja Managua”, ubicada en el “Paseo Xolotlán”, con el fin de escanearlas.

Ilustración 28

Ubicación Paseo de la Vieja Managua



Fuente: Elaboración Propia

Existen diversas técnicas para el escaneo en 3D que pueden requerir desde una cámara de teléfono inteligente hasta sensores más especializados. Entre ellas se encuentra la fotogrametría, una técnica de captura de imágenes que, mediante un proceso de interpretación de fotografías y otros materiales aéreos, tiene como objetivo principal la obtención de mapas.

Entre sus desventajas se encuentran la imprecisión en las texturas y siluetas, ya que requiere capturar una gran cantidad de fotografías para registrar todos los detalles, elevaciones y profundidades desde distintos ángulos. También presenta dificultades con formas complejas.

Existen, efectivamente, otras técnicas más eficientes y especializadas, como el uso de sensores LiDAR, que significa “Detección y Medición por Luz”. El LiDAR ha permitido generar modelos 3D a gran escala.

Las maquetas de los edificios ubicados en el “Paseo Xolotlán” fueron escaneadas utilizando la técnica de fotogrametría por dos razones fundamentales:

1. Escala: Dado que las maquetas a escanear tienen escalas proporcionales, tomarles fotografías equivale a una captura aérea de edificios reales. Por tanto, la técnica seleccionada resulta útil y funcional para la construcción de modelos 3D.

2. Recursos: Los recursos disponibles no incluían la posibilidad de contar con un sensor LiDAR, por lo que se optó por métodos alternativos como la fotogrametría para el proceso de escaneo.

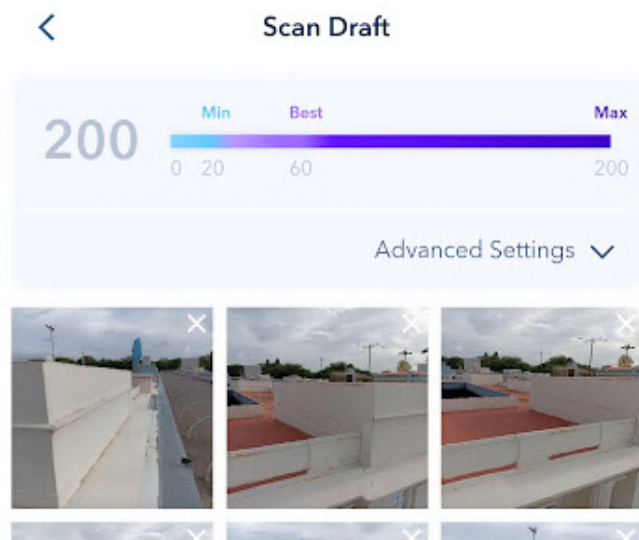
Modelado: Fue necesario corregir detalles cruciales de los modelos escaneados y luego exportarlos en distintos formatos. Se seleccionó el formato ‘.fbx’ por ser compatible con el motor gráfico elegido.

Búsqueda de Modelos 3D: Dado que los modelos escaneados no capturaron todos los detalles esperados de los edificios, se realizó de forma paralela al modelado una búsqueda en diversos repositorios de modelos gratuitos que pudieran ser utilizados en la investigación. Algunos de estos modelos fueron encontrados en SketchUp 3D Warehouse, posteriormente importados a SketchUp y exportados en formato .fbx.

Utilizando la aplicación 'WIDAR' y mediante la captura de 200 fotografías diferentes, se construyó un modelo muy preciso de los diversos edificios expuestos. La siguiente figura muestra el proceso de importación.

Ilustración 29

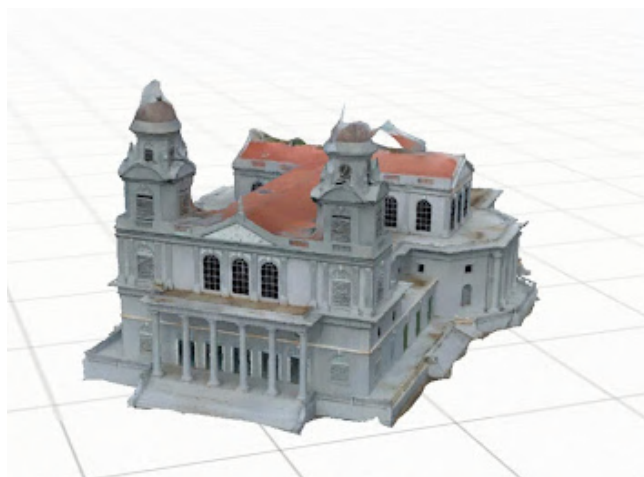
Importación de Imágenes en Widar para procesamiento



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 30

Visualización de Modelo Procesado



Fuente: Elaboración Propia

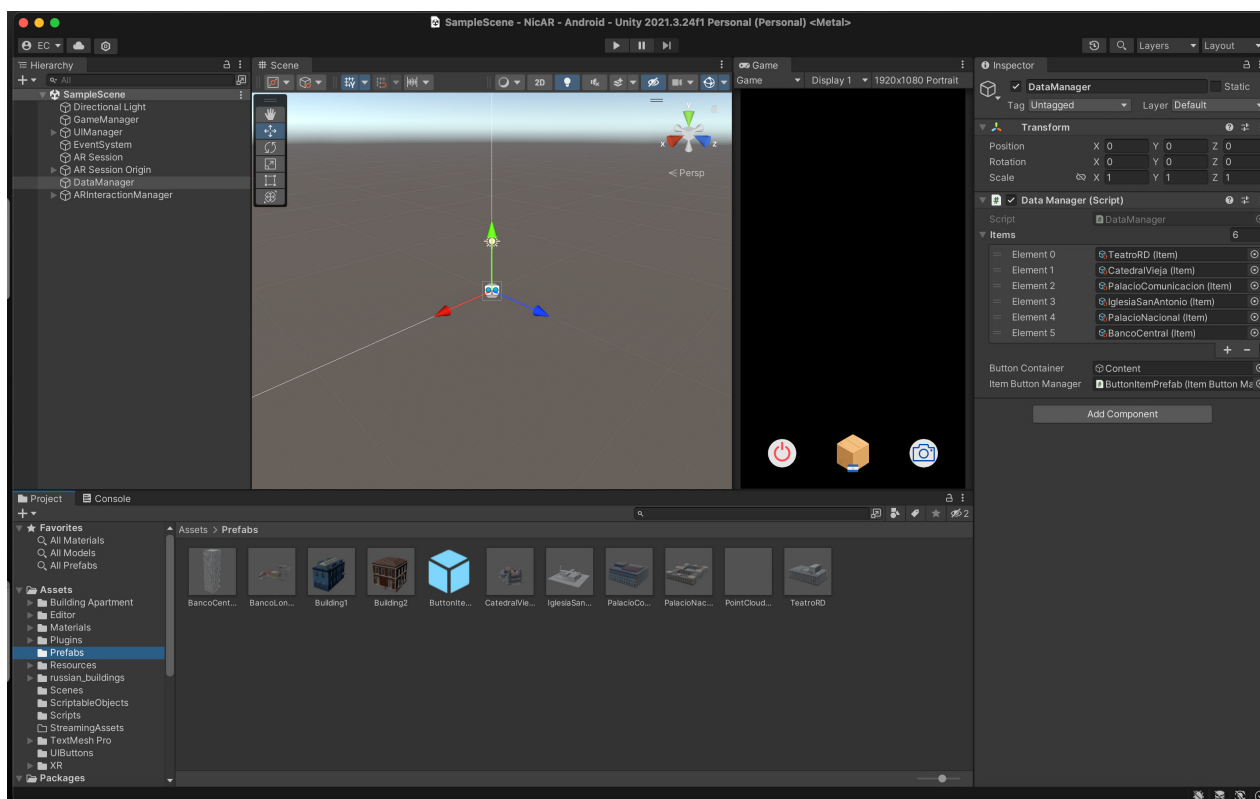
En la figura anterior se puede observar el resultado del procesamiento en la nube de WIDAR, con un modelo 3D generado, visualizado dentro de su propia aplicación y posteriormente exportado en formato ‘.fbx’.

7.3.1.2. Integración de modelos en aplicación móvil

El modelo 3D en formato .fbx fue importado y su funcionalidad fue programada utilizando la plataforma y diversos scripts. En la siguiente figura se muestra la interfaz del motor de desarrollo.

Ilustración 31

Proyecto en Unity



Fuente: Elaboración Propia

La pantalla de bienvenida de la aplicación con el logo de la misma se visualiza en la siguiente Ilustración:

Ilustración 32

Pantalla de bienvenida

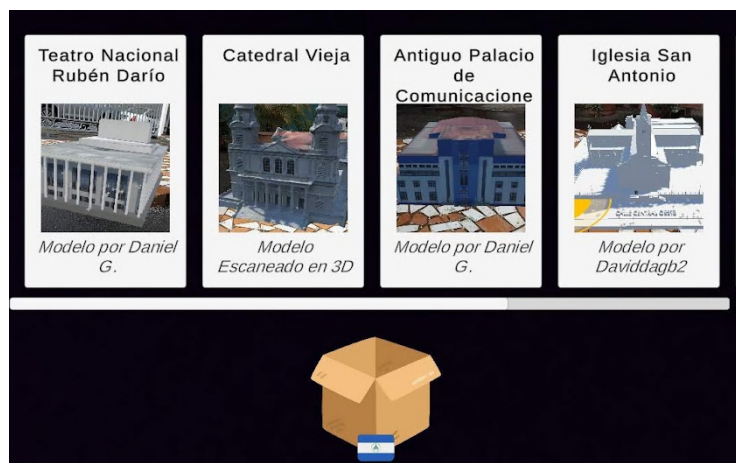


Fuente: Elaboración Propia

La interfaz de selección de modelos ocupa un tercio de la pantalla para permitir la visualización en tiempo real de la cámara mientras se navega por el menú correspondiente. Como se muestra en la ilustración 33 esto da como resultado que el modelo se posicione sobre el plano detectado, lo cual puede observarse en la ilustración 34.

Ilustración 33

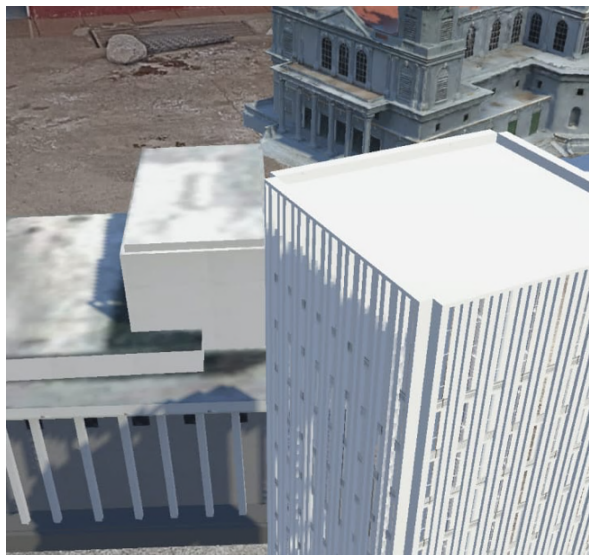
Selección de Modelo



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 34

Visualización de Múltiples Modelos

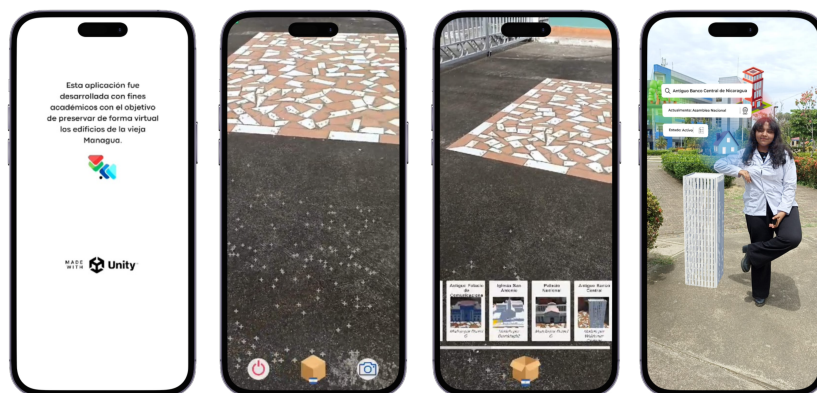


Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra el flujo sintetizado de navegación e interacción con la aplicación, desglosando de manera secuencial el funcionamiento principal.

Ilustración 35

Flujo de Navegación



Fuente: Elaboración Propia

7.3.2. Aplicación de Encuestas

La encuesta tiene por objetivo la validación post-primer-uso de la aplicación por parte del grupo por seleccionar, a continuación, se presentará su proceso de diseño, recolección y aplicación.

7.3.2.1. Diseño de Instrumento de Recolección de Datos

Durante el proceso de recolección de información primera, se diseñó un instrumento estructurado en forma de encuesta virtual, con el propósito de obtener datos relevantes sobre el perfil de los usuarios, sus experiencias con la aplicación de realidad aumentada desarrollada, y sus percepciones respecto a su utilidad e impacto cultural. Durante el proceso de construcción del instrumento se tomó en cuenta tanto variables demográficas como indicadores de experiencia de usuario (UX) y percepción del valor cultural. Está conformado por preguntas cerradas y abiertas, permitiendo una recolección mixta de datos cuantitativos y cualitativos.

El instrumento fue aplicado de manera virtual, facilitando su difusión y el acceso de los participantes desde distintos dispositivos. La encuesta utilizada para esta investigación se encuentra en el Anexo 1.

7.3.2.2. Perfil de los participantes

Para el proceso de recolección de datos y evaluación de la aplicación, se identificaron tres perfiles de usuarios que representan distintos sectores clave para el propósito del proyecto. Cada grupo aporta una perspectiva específica en función de su edad, contexto, nivel educativo y relación con la temática histórica abordada. A continuación, se describen de forma general los perfiles de los participantes que formaron parte del estudio.

Ilustración 36

Perfil de Cliente Extranjero



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 37

Perfil de Cliente Estudiantes de Primaria y Secundaria



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 38

Perfil de Cliente Estudiantes de Ing. Civil y Arquitectura



Fuente: Elaboración Propia

7.3.2.3. Proceso de aplicación

El proceso de aplicación de la muestra fue realizado de manera virtual, utilizando Google Forms como herramienta principal para la recolección de datos. Para determinar el tamaño adecuado de la muestra, se calculó previamente que era necesario incluir a 384 habitantes, basándonos en una fórmula estándar de cálculo de tamaño de muestra para poblaciones finitas.

Para efecto de la investigación se seleccionó un muestreo probabilístico donde el insumo es la tabla estratificada con edades de 15 años a 64 años. Por lo que, teniendo un total de 1,000,227 habitantes, usamos la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 PqN}{e^2(N-1) + z^2 Pq}$$

Donde:

Nc = Nivel de Confianza (95%)

Z = Valor obtenido bajo el nivel de confianza (Para 95% es 1.96 usando tabla de distribución Z)

E = Error (5%)

n = El tamaño de la muestra (valor incógnito)

N = El tamaño de la población total (1,000,227)

P = Probabilidad de ocurrencia (50%)

q = Probabilidad de no ocurrencia (50%)

Sustituyendo los valores en la fórmula tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(1,000,227)}{[(0.05)^2(1,000,227 - 1)] + [(1.96)^2(0.5)(0.5)]}$$

$$n = 384.012895$$

$$n \approx 384$$

Por lo que nuestra muestra será de 384 habitantes.

Una vez calculado el tamaño de la muestra, se procedió a la distribución virtual de la encuesta. Los participantes recibieron el enlace a través de Google Forms, lo que permitió recopilar la información de manera eficiente y en tiempo real.

7.3.3. Análisis y Validación de Experiencia de Usuario

7.3.3.1. Resultados de la Encuesta de Validación

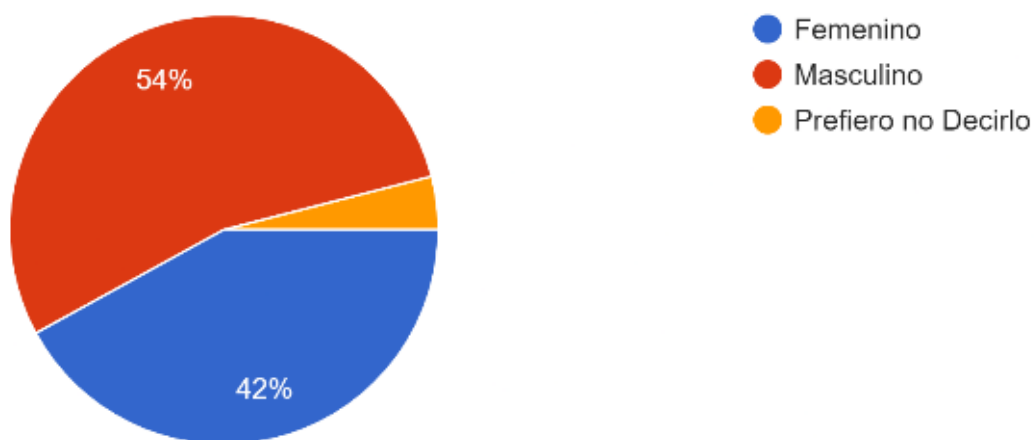
Con el objetivo de validar la experiencia de usuario y evaluar la percepción general se elaboró un instrumento de recolección de información para la aplicación a 384 usuario Nicaragüenses (n=384) que a través de sus preguntas evaluaron la experiencia de usuario.

Para evidenciar la confianza en el instrumento utilizado, se aplicó el coeficiente de Cronbach. El coeficiente de Cronbach es una medida de la consistencia interna de un cuestionario o escala, y proporciona información sobre la fiabilidad o confiabilidad del instrumento.

El coeficiente de Cronbach se calcula a partir de la correlación entre las diferentes preguntas o ítems que conforman el cuestionario. Un valor de coeficiente de Cronbach cercano a 1.0 indica una alta consistencia interna y mayor confiabilidad del instrumento, mientras que un valor más bajo puede sugerir una menor confiabilidad y consistencia en las respuestas. El valor mínimo aceptable es 0.7 y más de 0.9 indica redundancia de información.

Al aplicar el coeficiente de Cronbach al cuestionario utilizado en esta investigación, se obtuvo un valor de 0.87. Este valor indica el grado de consistencia interna y fiabilidad del instrumento.

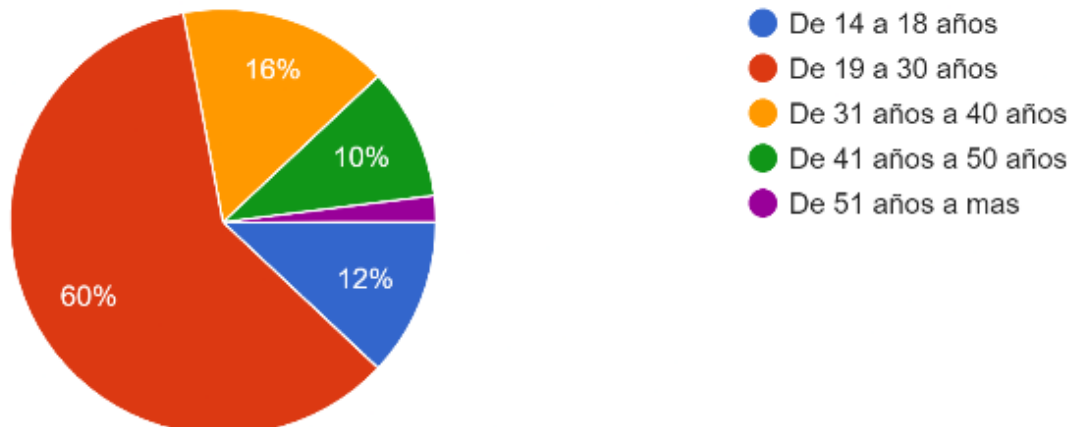
En el inicio del estudio, se observó una relativa homogeneidad en la población encuestada en términos de género. Un 54% de los encuestados se identificó como varones, mientras que un 42% eran mujeres. Adicionalmente, un 4% optó por no mencionar su género. Estos resultados indican que la muestra encuestada representa una distribución equitativa en comparación con la población total del país en cuanto a género. En la Ilustración 39 podemos ver el gráfico.

Ilustración 39*Género de los Encuestados*

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 40 muestra claramente que los rangos de edad más predominantes entre los encuestados son aquellos que oscilan entre 19 y 40 años, lo que representa un total del 76%. No obstante, solo un 12% de los encuestados corresponde a la franja de edad de 41 años en adelante, lo cual podría indicar la posible presencia de personas que vivieron en la antigua Managua, considerando su mayor edad en comparación con la mayoría de los participantes de la encuesta.

Ilustración 40*Edad de los Encuestados*

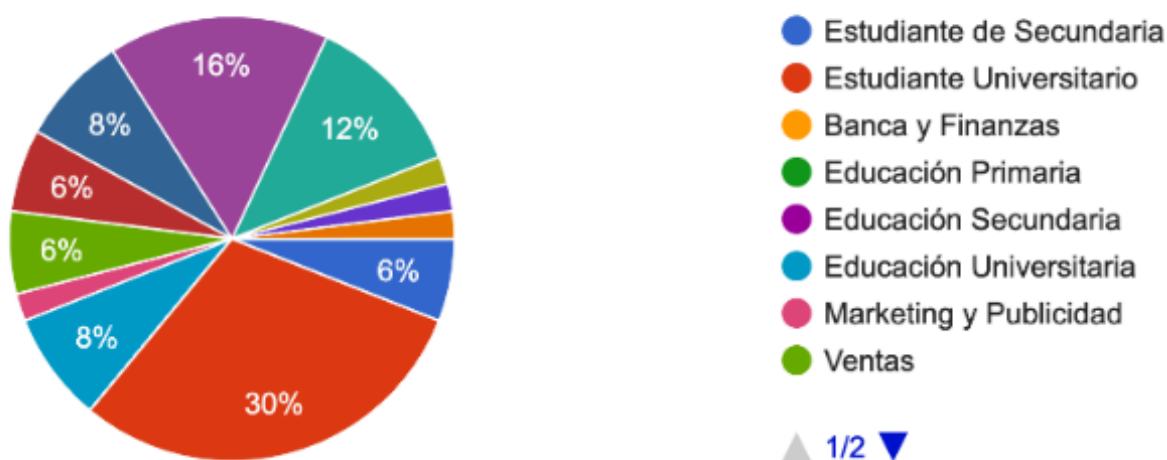


Fuente: Elaboración Propia

La ocupación de los encuestados fue diversa, englobando distintas áreas que incluyen estudiantes universitarios, estudiantes de secundaria, profesionales en desarrollo y programación, así como trabajadores autónomos. Específicamente, un 30% de los encuestados se identificó como estudiantes universitarios, tal como se puede apreciar en la Ilustración 41.

Ilustración 41

Ocupación de los Encuestados

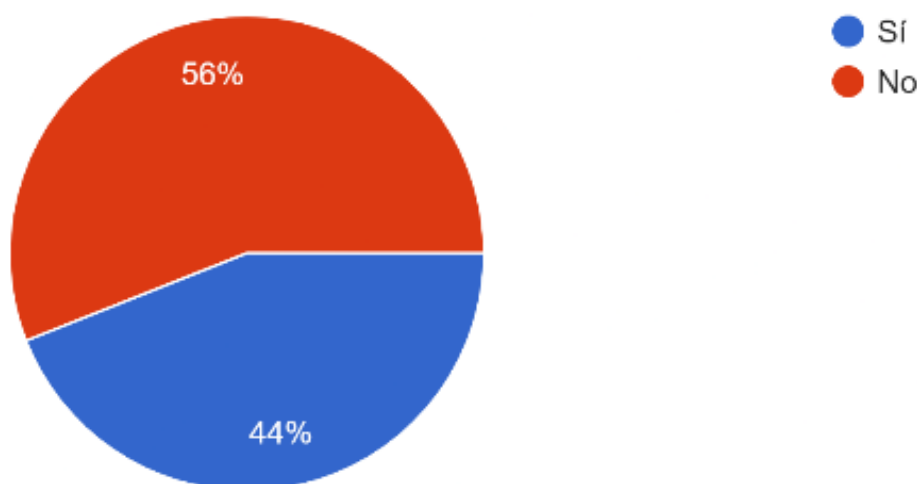


Fuente: Elaboración Propia

Al abordar las preguntas específicas relacionadas con la experiencia en el uso de aplicaciones de realidad aumentada, se observó una distribución parcialmente homogénea. Un 56% de los encuestados manifestó no tener experiencia previa con esta tecnología, mientras que un 44% sí la había utilizado. Esta disparidad puede atribuirse en gran medida a la predominante juventud de la población encuestada (más del 50%, como se muestra en la Ilustración número 40). Dado que los jóvenes están inmersos en un entorno tecnológico y tienen mayor acceso a diversas formas de tecnología, incluida la realidad aumentada, es comprensible la diferencia en la proporción de aquellos con y sin experiencia en esta área. Véase Ilustración 42.

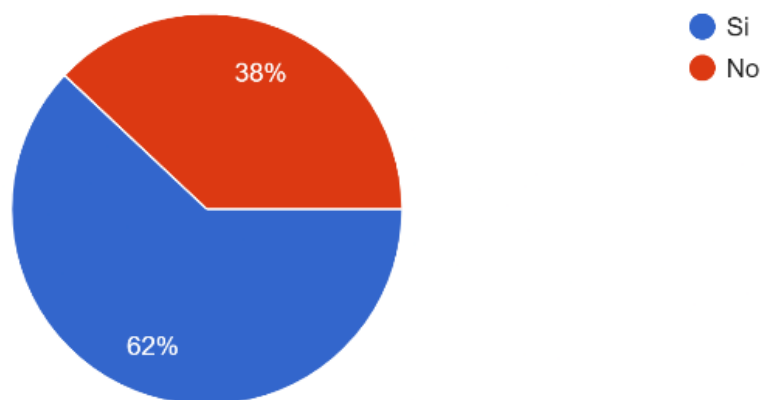
Ilustración 42

Experiencia en Aplicaciones de Realidad Aumentada



Fuente: Elaboración Propia

En lo que respecta a los conocimientos históricos sobre la antigua Managua, un significativo 62% de los encuestados afirmó poseer conocimientos en esta área, como se puede apreciar en la Ilustración siguiente.

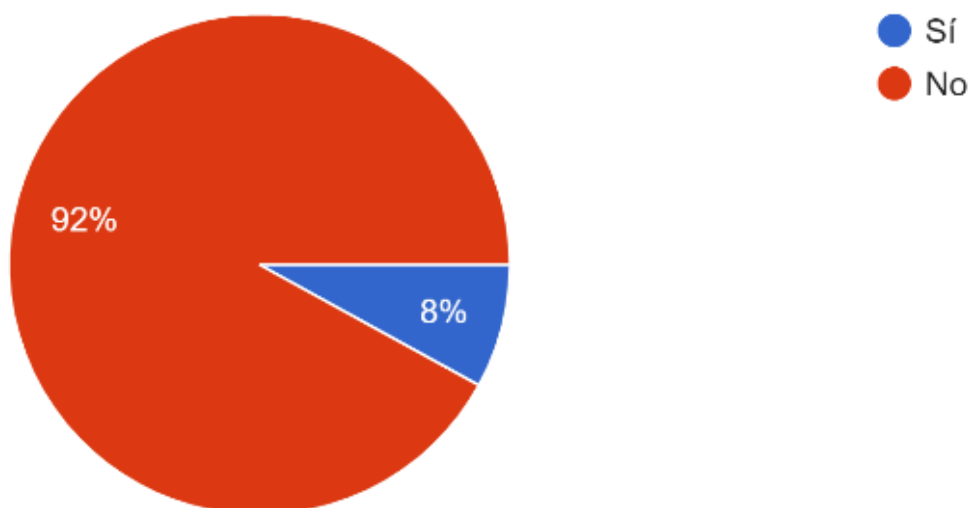
Ilustración 43*Conocimiento Vieja Managua*

Fuente: Elaboración Propia

El 62% de los encuestados que afirmaron tener conocimientos sobre la antigua Managua, adquirieron dicha información a través de diversas fuentes. Algunos mencionaron que sus abuelos les compartieron historias y anécdotas, mientras que otros vivieron en esa zona o tuvieron amigos que les proporcionaron detalles. También hubo quienes conocieron la historia a raíz del terremoto que ocurrió en 1972 o mediante incursiones escolares durante su educación primaria y secundaria. Además, varios participantes mencionaron que obtuvieron información de libros, documentos, videos, y publicaciones en redes sociales, así como a través de experiencias personales o familiares. Algunos encuestados, debido a sus estudios en arquitectura o historia, adquirieron conocimientos específicos sobre la temática. También se destacó que existen exhibiciones y parques temáticos, como el de miniaturas en el puerto Salvador Allende, que permiten conocer la antigua Managua de manera más cercana. Por lo tanto, la fuente de conocimiento histórico sobre la antigua Managua es amplia y diversa, abarcando experiencias personales, educación formal, interacción con familiares y amigos, así como diversas fuentes de información multimedia y culturales.

Ilustración 44

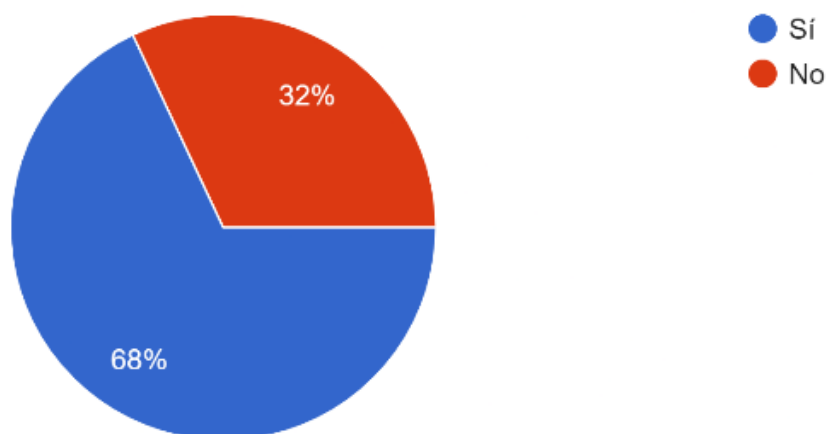
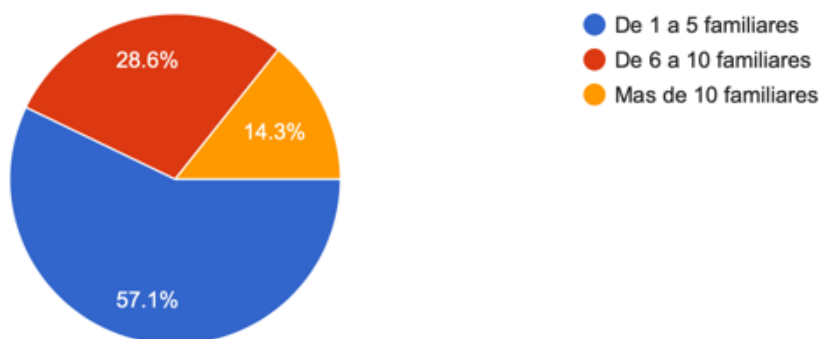
Porcentaje de Habitantes de la Vieja Managua



Fuente: Elaboración Propia

El 8% de la población encuestada reportó haber vivido en la antigua Managua, como se puede observar en la Ilustración 44. Este dato respalda la hipótesis planteada previamente, donde se mencionó que el 12% de los encuestados con edades de 41 años en adelante) posiblemente había residido en esa zona. Sin embargo, los resultados reales indican que la cifra de personas que afirmaron haber vivido en la antigua Managua es del 8%, lo que sugiere que esta población que vivió en esa zona es menor de lo estimado inicialmente.

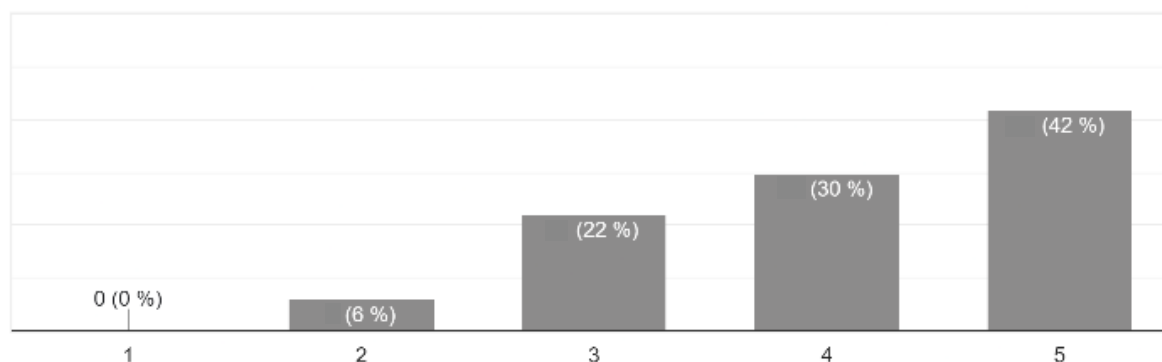
En contraste, un considerable 68% de los encuestados (ver Ilustración 45) afirmó tener familiares en la antigua Managua. Dentro de este grupo, un 14.3% indicó contar con más de 10 familiares, un 28.6% tenía entre 6 a 10 familiares, y un 57.1% tenía de 1 a 5 familiares con conexiones en dicha zona (ver Ilustración 46). Estos hallazgos refuerzan la idea de que los remanentes históricos de la ciudad perduran en la memoria colectiva de la nación, gracias a los lazos familiares que aún persisten en la antigua Managua.

Ilustración 45*Familiares Vieja Managua**Fuente:* Elaboración Propia**Ilustración 46***Cantidad de Familiares**Fuente:* Elaboración Propia

Para evaluar la aplicación, se presentaron preguntas específicas en las Ilustraciones 47 a 54. Estas preguntas abordaron diferentes aspectos, incluyendo la calidad gráfica de los edificios, la experiencia de usuario, la velocidad de la aplicación, la inmersión, su utilidad como herramienta histórica y su potencial turístico. Los encuestados respondieron utilizando una escala del 1 al 5 en la escala de Likert, donde las opciones disponibles fueron: "Muy malo, Malo, Regular, Bueno, Muy Bueno". A través de esta metodología de evaluación, se buscó obtener una comprensión más precisa y cuantitativa de la percepción y opinión de los usuarios con respecto a la aplicación y sus diferentes aspectos.

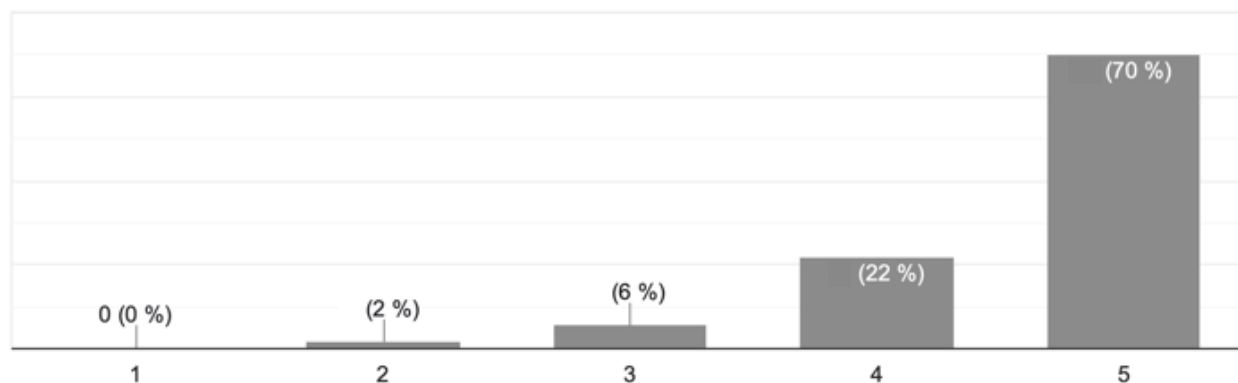
Ilustración 47

Calidad Gráfica



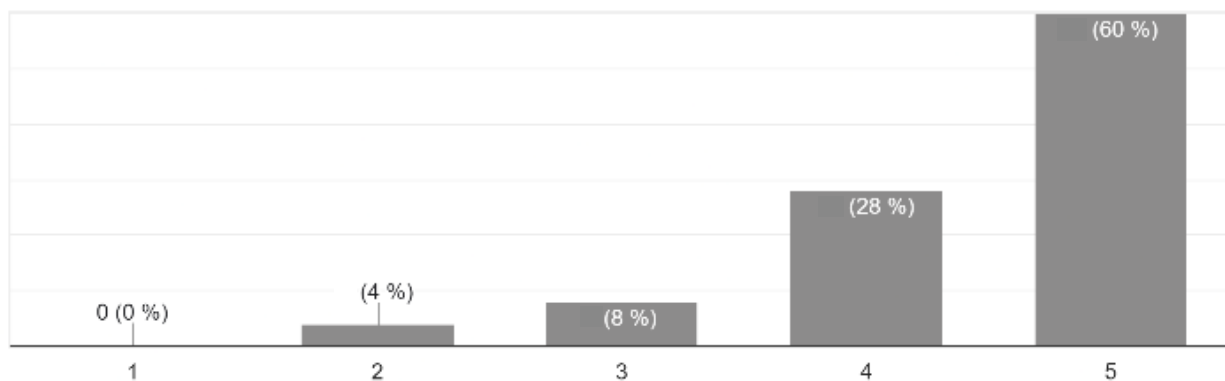
Fuente: Elaboración Propia

La calidad gráfica de los edificios recibió principalmente una calificación de "Muy Buena" con un 42% de votos. No obstante, es evidente que existe una mayor diversidad de opiniones, ya que la mayoría de las calificaciones se distribuyeron entre las categorías de "Mala", "Regular" y "Buena". Esto demuestra que la percepción de los encuestados respecto a la calidad gráfica es variada, y cada uno ha evaluado la aplicación de acuerdo con su propio criterio y perspectiva.

Ilustración 48*Facilidad de Uso*

Fuente: Elaboración Propia

La facilidad de uso de la aplicación recibió una votación mayoritaria del 70% calificándola como "Muy Buena", mientras que un 22% la calificó como "Buena". Solo un 6% de los encuestados la evaluó como "Regular". Estos resultados indican que la mayoría de los usuarios consideran que la aplicación es muy fácil de utilizar, lo cual es un indicativo positivo sobre su diseño y experiencia de usuario. Solo una pequeña minoría expresó opiniones más neutrales o críticas en cuanto a su facilidad de uso.

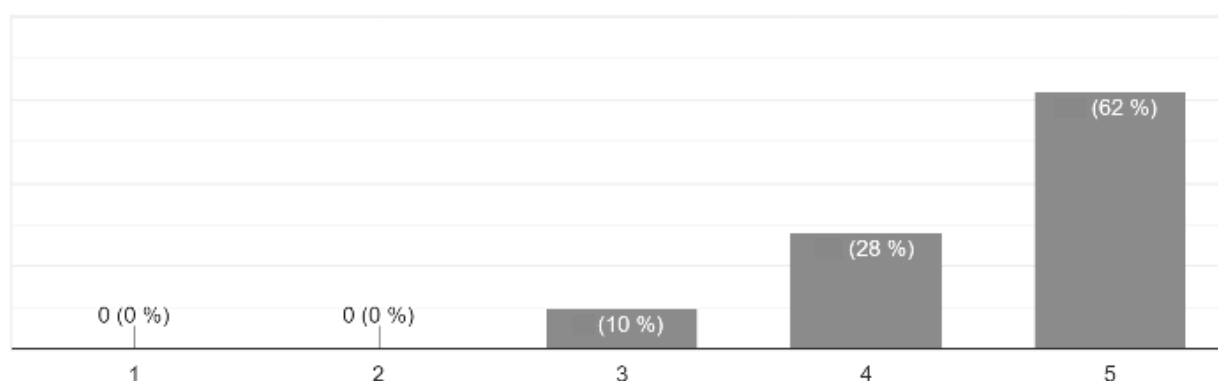
Ilustración 49*Rapidez de Modelos*

Fuente: Elaboración Propia

El rendimiento en velocidad de los modelos de la aplicación recibió principalmente calificaciones positivas. Un 60% de los encuestados lo calificó como "Muy Bueno" y un 28% lo calificó como "Bueno". Estos resultados indican que la mayoría de los usuarios están satisfechos con la rapidez y eficiencia de los modelos utilizados en la aplicación, lo cual es un aspecto importante para proporcionar una experiencia fluida y satisfactoria a los usuarios. La alta proporción de calificaciones positivas refleja un rendimiento generalmente bien valorado por los usuarios en términos de velocidad.

Ilustración 50

Experiencia de Usuario

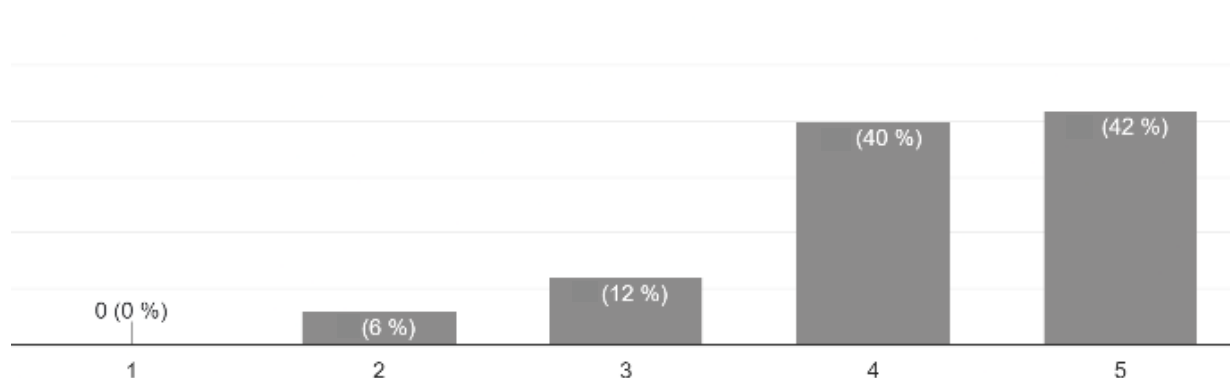


Fuente: Elaboración Propia

La experiencia de usuario en la aplicación es mayoritariamente favorable, con un 62% de los encuestados calificándola como "Muy Buena". Además, un 28% de los participantes la consideró "Buena", lo que también muestra una opinión positiva. Sin embargo, un pequeño porcentaje, un 10%, la calificó como "Regular", lo que indica que algunos usuarios pueden tener ciertas áreas de mejora en su experiencia con la aplicación. En general, la mayoría de los usuarios expresaron una satisfacción positiva con la experiencia de usuario proporcionada por la aplicación.

Ilustración 51

Inmersividad de la Aplicación



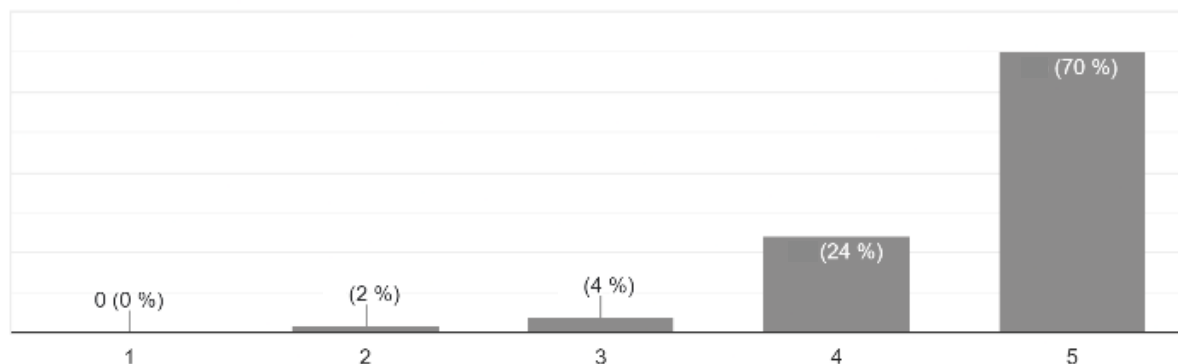
Fuente: Elaboración Propia

La inmersividad de la plataforma fue uno de los aspectos más variados en términos de calificaciones. Un 42% de los encuestados la calificó como "Muy Buena", lo que refleja una percepción positiva por parte de un grupo considerable de usuarios. Sin embargo, un 40% la calificó como "Buena", lo que sugiere que otra parte significativa de los usuarios también la experimentó como satisfactoria, pero con ciertos matices.

Por otro lado, un 12% de los participantes la calificó como "Regular", lo que puede indicar que algunos usuarios encontraron la inmersión en la plataforma como aceptable, pero con oportunidades de mejora. Un pequeño porcentaje del 6% la consideró "Mala", lo que indica que un número reducido de usuarios tuvo una experiencia de inmersión insatisfactoria.

Ilustración 52

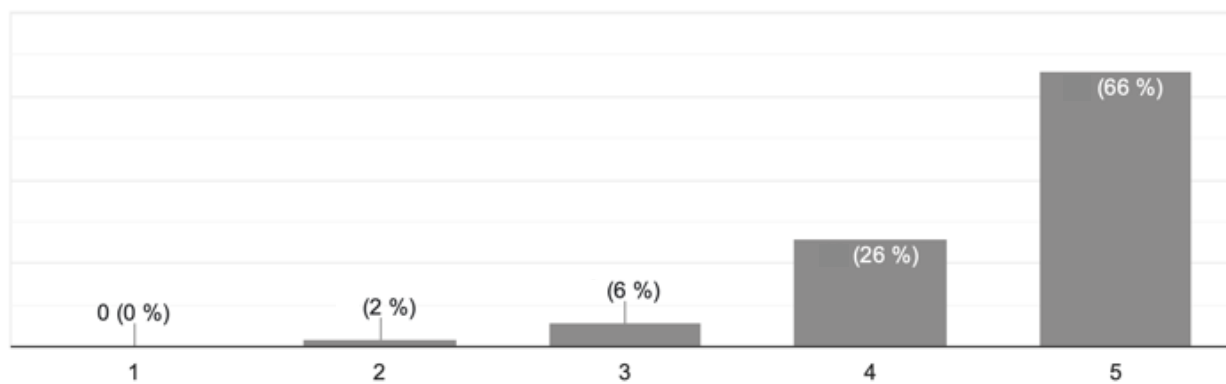
Función Como Herramienta Histórica



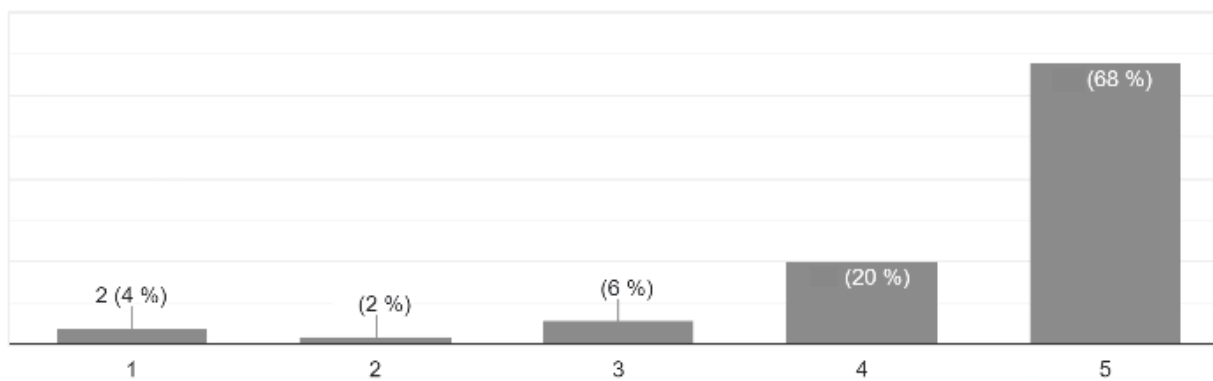
Fuente: Elaboración Propia

El 70% de los encuestados calificó la aplicación como una herramienta que facilita el acceso a información histórica como "Muy Buena", lo que refleja una alta valoración por parte de la mayoría de los usuarios en cuanto a su capacidad para proporcionar datos históricos de manera efectiva. Un 24% de los participantes la calificó como "Buena", lo que también indica una percepción positiva, aunque quizás con algunos aspectos que podrían mejorarse.

Un pequeño porcentaje del 4% la calificó como "Regular", lo que sugiere que hay una minoría que percibe la herramienta como aceptable, pero con oportunidades de mejora. En general, los resultados muestran una respuesta mayoritariamente positiva hacia la aplicación como una herramienta que facilita el acceso a información histórica, pero también destacan la importancia de atender las necesidades y expectativas de aquellos usuarios que consideran que podría haber aspectos a mejorar.

Ilustración 53*Herramienta de Enriquecimiento Histórico*

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 54*Herramienta Turística*

Fuente: Elaboración Propia

En términos de la experiencia turística, un alto porcentaje del 88% de los encuestados la calificó como "Muy Buena", lo que refleja una percepción altamente positiva en cuanto a su utilidad para fines turísticos. Además, un 20% la calificó como "Buena", lo que indica una apreciación positiva, pero con algunas posibles áreas de mejora.

Finalmente, un 6% la calificó como "Regular", lo que sugiere que un pequeño grupo de usuarios consideró que la experiencia turística podría ser más satisfactoria. Además, un 2% la calificó como "Mala" y un 4% como "Muy Mala", lo que indica que hubo una minoría de participantes que tuvo una experiencia turística negativa con la aplicación.

Se aplicó Estadística Descriptiva para analizar los datos recopilados. Los valores obtenidos revelan una baja variación y dispersión de los datos. El coeficiente de variación se encuentra en el rango de 0.14 a 0.23, lo que indica una baja variabilidad entre los valores y una tendencia a estar cercanos al promedio. La desviación estándar, que mide la dispersión, también es baja con un valor de 0.192. Por lo que, los resultados de la Estadística Descriptiva muestran una consistencia y concentración de los datos en torno al promedio, lo que sugiere una relativa homogeneidad en las respuestas obtenidas. Véanse las tablas 19 y 20.

Tabla 19

Estadística Descriptiva No 1

Objeto de Estudio	Calidad Gráfica	Facilidad de Uso	Rapidez de Modelos	Experiencia de Usuario
Varianza	0.87	0.48	0.65	0.45
Desviación Estándar	0.93	0.69	0.80	0.67
Promedio	4.08	4.60	4.44	4.52
CV	0.23	0.15	0.18	0.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20*Estadística Descriptiva No2*

Objeto de Estudio	Inmersividad	Herramienta de Acceso a Información Histórica	Herramienta de Comprensión Histórica	Herramienta Turística
Varianza	0.75	0.44	0.97	0.49
Desviación Estándar	0.86	0.66	0.98	0.70
Promedio	4.18	4.62	4.46	4.56
CV	0.21	0.14	0.22	0.15

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3.2. Discusión e Interpretación

La aplicación de realidad aumentada centrada en la reconstrucción de la Vieja Managua ha recibido comentarios valiosos por parte de los usuarios, aportando una visión integral sobre su experiencia, expectativas y percepciones respecto al uso y funcionalidad del sistema.

Una de las solicitudes más destacadas es la incorporación de mayor información sobre los edificios seleccionados, incluyendo detalles históricos, datos arquitectónicos y enlaces para profundizar en su contexto. Esto resalta la importancia de enriquecer la experiencia del usuario con contenido educativo más completo. También se mencionan sugerencias técnicas, como mejorar la resolución de los modelos, permitir hacer zoom para apreciar mejor los detalles e incluir métricas estructurales que faciliten una comprensión más profunda de la arquitectura presentada.

Entre las mejoras en la experiencia de uso, se propone incorporar una función para omitir la introducción de la aplicación, reducir los tiempos de carga de los modelos y ampliar la variedad de edificios y avenidas disponibles. Estas observaciones reflejan el interés de los usuarios por una experiencia más ágil, personalizada y con mayor cobertura patrimonial.

En cuanto a la interfaz y compatibilidad, se identificaron problemas con dispositivos que no cumplen con los requisitos mínimos de ARCore, así como dificultades para visualizar modelos en condiciones de poca luz. También se mencionó que el tamaño de los botones en algunos dispositivos resulta excesivo, lo que sugiere la necesidad de mejorar la escalabilidad del diseño en distintas pantallas.

Los comentarios muestran una buena aceptación y sugieren mejoras clave. Implementarlas fortalecerá la aplicación y optimizará la experiencia del usuario en la difusión del patrimonio histórico de Managua.

7.3.4. Conclusiones del Desarrollo y Validación del Prototipo

El desarrollo del prototipo funcional de la aplicación *NicAR* permitió concretar los lineamientos teóricos y de diseño establecidos en etapas previas. Mediante el uso de técnicas accesibles como la fotogrametría y el apoyo de repositorios externos, fue posible generar un conjunto representativo de modelos 3D del patrimonio arquitectónico de la Vieja Managua. A pesar de ciertas limitaciones técnicas, la integración de dichos modelos en la aplicación móvil se realizó con éxito, permitiendo su visualización en un entorno de realidad aumentada. Esta implementación demostró la viabilidad de ofrecer una experiencia inmersiva significativa, incluso con recursos limitados, destacando su potencial en contextos educativos y culturales.

En cuanto a la validación del prototipo, se aplicó un instrumento de recolección de datos a una muestra de 384 personas, definida a partir de criterios estadísticos para poblaciones finitas. Los resultados obtenidos reflejaron una aceptación favorable del sistema por parte de los participantes, quienes valoraron positivamente su utilidad, accesibilidad y aporte al conocimiento del patrimonio nacional. El instrumento utilizado demostró una alta consistencia interna, con un coeficiente de Cronbach de 0.87, lo cual respalda la fiabilidad de los resultados.

En conclusión, esta etapa confirmó que es posible desarrollar herramientas tecnológicas que promuevan la preservación y difusión del patrimonio cultural mediante experiencias interactivas. Asimismo, se identificaron oportunidades para continuar fortaleciendo la aplicación, especialmente en aspectos relacionados con la optimización de los modelos y la incorporación de nuevas funcionalidades que enriquezcan la experiencia del usuario.

8. Conclusiones Generales y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

En conclusión, la aplicación de realidad aumentada centrada en la reconstrucción de la Vieja Managua ha recibido una respuesta muy positiva por parte de los usuarios. Estos valoran la información proporcionada al visualizar los edificios, así como las tarjetas informativas que ofrecen detalles sobre cada estructura. La posibilidad de mover los modelos a cualquier ubicación y observarlos en 360 grados ha sido bien recibida, ya que contribuye a una experiencia inmersiva.

Se destacan aspectos como la fidelidad a la realidad y la forma en que las imágenes se integran en el entorno del usuario. También se aprecia la opción de reunir todos los edificios en un mismo espacio y la facilidad para posicionarlos en distintos lugares.

La facilidad de uso, la intuitividad y la accesibilidad han sido características valoradas, permitiendo a los usuarios disfrutar de la experiencia sin complicaciones. Asimismo, la calidad gráfica y la visualización panorámica de los edificios han sido elogiadas.

La aplicación ha sido considerada creativa y atractiva, ayudando a recrear ciudades antiguas y ofreciendo una perspectiva distinta sobre la historia de Nicaragua. Se valora la precisión de las réplicas de los edificios y la posibilidad de tomar fotografías con ellos.

Por lo tanto, la iniciativa ha sido bien recibida, despertando el interés tanto de turistas como de nacionales, y promoviendo el conocimiento de la historia del país de manera lúdica y educativa. También se destaca su adaptabilidad a distintos espacios y la experiencia de visualizar los edificios desde diversas perspectivas.

8.2. Recomendaciones

Extender el alcance del proyecto a la preservación digital de otros estilos arquitectónicos relevantes en Nicaragua, como el colonial de Granada y sus iglesias, así como las ruinas de León, contribuyendo a un registro más amplio del patrimonio nacional.

Ampliar la base de modelos 3D para incluir una mayor variedad de edificaciones históricas, fortaleciendo el valor educativo y turístico de la aplicación.

Aumentar las funciones interactivas incorporando audios narrativos que permitan el acceso a personas con dificultades de lectura o que no sepan leer, garantizando así una experiencia inclusiva.

Desarrollar comparaciones visuales entre el estado actual y el histórico de las edificaciones, incrementando el impacto educativo y cultural.

Establecer convenios con instituciones culturales, turísticas y académicas para validar la información y fortalecer el uso de la aplicación como herramienta de preservación y difusión del patrimonio arquitectónico.

9. Bibliografía

Android. (2022). Introducción a Android. Instituto Tecnológico Superior Japonés, from <https://dspace.itsjapon.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/434/1/introduccion-android.pdf>

Letham, L. (2019). GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global (Vol. 67). Editorial Paidotribo. Blog Santander Open Academy. (2020, December 21). Metodologías de desarrollo software. <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/metodologias-desarrollo-software.html>

AR Foundation. (n.d.). Retrieved March 4, 2024, from <https://developers.google.com/ar/develop/unity-arf/getting-started-ar-foundation>

IBM. (n.d.). *LiDAR*. Retrieved March 3, 2024, Retrieved March 4 from <https://www.ibm.com/mx-es/topics/lidar>

Lucidchart. (n.d.). *Secuencia UML*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.lucidchart.com/pages/es/diagrama-de-secuencia>

AWS. (n.d.). *SQL*. Retrieved March 4, 2024, from <https://aws.amazon.com/es/what-is/sql/>

ToF. (n.d.). Retrieved March 3 2024, from <https://www.pocket-lint.com/es-es/smartphones/noticias/147024-que-es-una-camara-de-tiempo-de-vuelo-y-que-telefonos-la-tienen/>

Anwar, A., Nalisa, C. A., Hendrawati, H., Safriadi, S., & Arhami, M. (2022). Aceh's Historic Tourist Attractions: An Augmented Reality-Based Prototype of a Virtual Tour Application. JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING, 5(2). <https://doi.org/10.31289/jite.v5i2.6460>

Ceballos, J. (2021). Microsoft C# TM. Retrieved January 25 2024, from https://books.google.com.ni/books?hl=es&lr=&id=EK8-DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Que+es+C%23&ots=akLDNwvpIv&sig=BS9sxTeuMwCOJyLSKR5KIYFEZKk&redir_esc=y#v=onepage&q=Que%20es%20C%23&f=false

zone, A. d. (15 de octubre de 2024). Retrieved January 2025 from <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/realidad-virtual-rv/#983493-que-es-la-rv>

Image Engineering (s.f.). *retrieved de Image Engineering*: <https://www.image-engineering.de/products/technology/time-of-flight-characterization>

HIBA Formación. (n.d.). *Cámaras RGB*. Retrieved March 3, 2024, from <https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/camaras-rgb/>

IBM. (n.d.). *Desarrollo de aplicaciones móviles*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.ibm.com/mx-es/topics/mobile-application-development>

Pardo, D. V. (2021). Crear y desarrollar una aplicación de alto. Retrieved 20 February 2025, from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/174515/Villalon%20-%20Crear%20y%20desarrollar%20una%20aplicacion%20de%20alto%20rendimiento%20con%20bajo%20coste%20utilizando%20flutt....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EcuRed. (n.d.). *Desarrollo de software basado en componentes*. Retrieved March 4, 2024, from https://www.ecured.cu/Desarrollo_de_software_basado_en_componentes

Miro. (n.d.). *Diagrama de componentes*. Retrieved March 4, 2024, from <https://miro.com/es/diagrama/que-es-diagrama-componentes-uml/>

Lucidchart. (n.d.). *Diagrama de Estados*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.lucidchart.com/pages/es/diagrama-de-maquina-de-estados>

Lucidchart. (n.d.). *Diagramas de interacción*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.lucidchart.com/pages/es/diagrama-de-interaccion-uml>

Lucidchart. (n.d.). *Diagramas de paquetes*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-paquetes-uml>

UNIR Colombia. (n.d.). *Ingeniería de software*. Retrieved March 4, 2024, from <https://colombia.unir.net/actualidad-unir/ingenieria-de-software-que-es-objetivos/>

iPad. (n.d.). Retrieved March 4, 2024, from <https://edu.gcfglobal.org/es/ipad/sistema-operativo-movil-ios/1/>

Instituto de Turismo de Nicaragua. (2014). MILES VISTAN PASEO XOLOTLÁN QUE RECUERDA LA VIEJA MANAGUA.

Blog Santander Open Academy. (2020, December 21). *Metodologías de desarrollo software*. <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/metodologias-desarrollo-software.html>

Muñoz - Hernandez, H., Canabal - Guzman, J. D., & Galarcio - Guevara, D. E. (2020). Realidad aumentada para la educación de matemática financiera. Una app para el mejoramiento del rendimiento académico universitario. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 12(12). <https://doi.org/10.22463/24221783.2634>

Prototipo de interfaz de usuario. (n.d.). Retrieved March 3, 2024, from <https://www.godaddy.com/resources/latam/desarrollo/prototipo-interfaz-usuario-definicion-herramientas>

¿Qué es el SDK? . (n.d.). Retrieved March 3, 2024, from <https://aws.amazon.com/es/what-is/sdk/>

Microsoft Learn. (n.d.). *¿Qué es la realidad mixta? - Mixed Reality*. Retrieved March 3, 2024, from <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>

Realidad Aumentada, ¿qué es y para qué sirve? ▷ Aplicaciones. (n.d.). Retrieved March 3, 2024, from <https://www.edsrobotics.com/blog/realidad-aumentada-que-es/>

RGBD Eco-System. (n.d.). Retrieved March 3, 2024, from <https://www.e-consystems.com/blog/camera/technology/what-are-rgb-d-cameras-why-rgb-d-cameras-are-preferred-in-some-embedded-vision-applications/>

Virtualizar (16 de Junio de 2023). Retrieved March 3, 2024, from <https://virtualizar.cl/2023/06/16/noticias-realidad-aumentada-chile/realidad-aumentada-10-conceptos-basicos-que-debes-saber-como-principiante-en-esta-tecnologia/>

Seguimiento de Marcador y Superficie - Onirix. (n.d.). Retrieved March 3, 2024, from <https://www.onirix.com/es/aprende-sobre-ra/realidad-aumentada-basada-en-marcadores-con-targets/>

Lucidchart. (n.d.). *UML*. Retrieved March 4, 2024, from <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-el-lenguaje-unificado-de-modelado-uml>

La Gaceta - Diario Oficial. (2024). *Ley No. 1210: Ley General de Turismo*.
<https://www.intur.gob.ni/wp-content/uploads/2024/08/Ley-1210-Ley-General-de-Turismo.pdf>

UNESCO. (2021). *Cutting edge: Protecting and preserving cultural diversity in the digital era*. <https://www.unesco.org/en/articles/cutting-edge-protecting-and-preserving-cultural-diversity-digital-era>

Comisión Nacional de Educación. (2024). *Estrategia Nacional de Educación en todas sus modalidades “Bendiciones y Victorias” 2024-2026* (1ra ed., 58 pp.). Managua, Nicaragua.
https://www.tecnacional.edu.ni/media/estrategiaseducacionnacional/Estrategia_Nacional_de_Educacion%20en%20todas%20sus%20modalidades%20Bendiciones%20y%20Victorias%202024-2026.pdf

10. Anexos

Anexo 1: Encuesta Virtual

A continuación, se te preguntaran algunos datos personales esenciales para la continuidad del cuestionario, responde con calma las siguientes preguntas:

Nombre*

Escribe un nombre y un apellido

Género*

Selecciona tu género

Femenino ____

Masculino ____

Prefiero no Decirlo ____

Edad*

Selecciona un rango de edad

De 14 a 18 años ____

De 19 a 30 años ____

De 31 años a 40 años ____

De 41 años a 50 años ____

De 51 años a mas ____

¿A que te dedicas?*

Estudiante de Secundaria ____

Estudiante Universitario ____

Banca y Finanzas ____

Educación Primaria ____

Educación Secundaria ____

Educación Universitaria ____

Marketing y Publicidad ____

Ventas ____

Contabilidad y Administracion ____

Trabajo por Cuenta Propia ____

Desarrollo y Programación ____

Psicología ____

Otros: _____

¿Has tenido alguna experiencia previa con aplicaciones en Realidad Aumentada?*

Sí

No

¿Tienes conocimientos sobre la vieja Managua?

*

Si

No

En caso de tener conocimiento: Describe como supiste de su historia. Si no, puedes pasar a la siguiente pregunta.

¿Viviste en la Vieja Managua?*

Sí

No

¿Tuviste familia en la vieja Managua?

*

Sí

No

De haber tenido familia que vivió en la vieja Managua. ¿Cuál fue la cantidad? Selecciona un rango.

De 1 a 5 familiares

De 6 a 10 familiares

Mas de 10 familiares

¿Cómo evalúas la calidad gráfica de los edificios 3D virtuales en realidad aumentada de la aplicación?

*

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Qué tan fácil fue utilizar la aplicación? *

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Qué tan rápido aparecieron los modelos 3D en realidad aumentada al seleccionarlos?

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Cómo evalúas de forma general la aplicación en realidad aumentada? *

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Qué tan inmersiva fue la experiencia con la aplicación en realidad aumentada? *

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Qué tanto crees que esta herramienta funcione para facilitar el acceso a información histórica y cultural?

Muy Mala 1 2 3 4 5 Muy Buena

¿Crees que esta aplicación puede mejorar la experiencia de los turistas en Managua?

Muy Mala

1 2 3 4 5

Muy Buena

¿Qué tanto crees que enriquece esta aplicación la comprensión y apreciación del patrimonio histórico de la ciudad?

Muy Mala

1 2 3 4 5

Muy Buena

¿Utilizaste la opción para compartir las imágenes en realidad aumentada que visualizaste a través de tus redes sociales?

*

Si

No

¿Qué le agregarías?*

¿Qué le quitarías?*

¿Qué fue lo que más te gustó de la app?*

Anexo 2: Carta de Requerimientos Funcionales – Representante Alcaldía Managua

Managua, 11 de Agosto del 2025

A quien corresponda:

En una reunión previa se presentó el proyecto para la realización de un recorrido virtual de la Avenida Roosevelt de la vieja Managua, utilizando tecnología de Realidad Aumentada.

Me gustó mucho su propuesta y, tomando como referencia la experiencia de un museo tradicional, me gustaría sugerir que el recorrido virtual cuente con las siguientes funciones para enriquecer la experiencia del visitante:

- Ver todos los modelos disponibles para que la persona pueda escoger cuál quiere observar.
- Seleccionar un modelo y verlo en Realidad Aumentada, como si estuviera frente a él en tamaño real.
- Mover el modelo de lugar para ubicarlo en el punto que mejor le parezca.
- Girar el modelo para apreciarlo desde cualquier ángulo.
- Quitar un modelo cuando ya no se quiera seguir viendo.
- Mostrar información del edificio o lugar que se está observando, para que la experiencia sea también educativa.
- Tomar fotos mientras se hace el recorrido virtual, para que las personas puedan guardar un recuerdo.

Considero que estas funciones harán que el recorrido sea más interactivo, intuitivo y cercano para todo tipo de público, preservando el valor histórico y cultural que se quiere transmitir.

Atentamente,



Arq. Josthin Josué Martínez López

Asesor de Diseño

Área de Programas Culturales

Alcaldía de Managua

Anexo 3: Formato de Guía Observación Directa

Categoría de Observación	Indicadores Específicos	Registros
Interacción con material visual	Tiempo de atención frente a paneles, maquetas o modelos.	
	Movimientos de acercamiento o alejamiento para observar detalles.	
Búsqueda de información	Lectura de textos explicativos o descripciones.	
	Preguntas o consultas a acompañantes o guías.	
Manipulación de objetos físicos o digitales	Intentos de mover, rotar o manipular maquetas o elementos interactivos.	
	Gestos o acciones que evidencien curiosidad o exploración activa.	
Uso de dispositivos móviles para documentación	Frecuencia de uso de cámaras o smartphones para tomar fotografías.	
	Captura de imágenes o videos de objetos, información o experiencias.	