



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

— **TELECOM** ESCUELA
TÉCNICA **VLC** SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de
Telecomunicación

Desarrollo de mapa interactivo en realidad mixta para
impulsar el turismo digital

Trabajo Fin de Grado

Grado en Tecnología Digital y Multimedia

AUTOR/A: Llorens Muñoz, Pablo

Tutor/a: Guerola Navarro, Vicente

Cotutor/a: Rey Solaz, Beatriz

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) consiste en el desarrollo de una maqueta 3D de la ciudad de Valencia en un espacio de realidad mixta, donde a través de la interacción con elementos y la visualización de vídeos informativos, el usuario podrá disfrutar de una experiencia inmersiva y conocer los lugares más emblemáticos de la ciudad. El mapa mostrará puntos de interés con marcadores para interactuar, desplegando contenido audiovisual y ofreciendo la opción de viajar a través de vídeos 360 grados. Para ello, se va a trabajar en el entorno de “Unity” creando scripts de programación y configurando la interfaz del propio programa, además del empleo de las gafas de realidad virtual “Meta Quest 3” y sus respectivos controladores. Al tratarse de un trabajo en realidad mixta, está directamente relacionado con el grado en Tecnología Digital y Multimedia, dado el requerimiento de utilizar la programación, el desarrollo y diseño de entornos 2D y 3D, así como también mantiene relación con los talleres dedicados a la realidad virtual. El propósito principal de este trabajo radica en la posibilidad de promover la cultura de Valencia a toda clase de público de una forma innovadora, fomentando gracias a este método, la inclusión y accesibilidad de turismo al permitir a personas con movilidad reducida o limitaciones económicas experimentar virtualmente un conocimiento de la ciudad.

RESUM

El present Treball Fi de Grau (TFG) consisteix en el desenvolupament d'una maqueta 3D de la ciutat de València en un espai de realitat mixta, on a través de la interacció amb elements i la visualització de vídeos informatius, l'usuari podrà gaudir d'una experiència immersiva i conèixer els llocs més emblemàtics de la ciutat. El mapa mostrarà punts d'interés amb marcadors per a interactuar, desplegant contingut audiovisual i oferint l'opció de viatjar a través de vídeos 360 graus. Per a això, es treballarà a l'entorn de "Unity" creant scripts de programació i configurant la interfície del propi programa, a més de l'ús de les ulleres de realitat virtual "Meta Quest 3" i els seus respectius controladors. En tractar-se d'un treball en realitat mixta, està directament relacionat amb el grau en Tecnologia Digital i Multimèdia, donat el requeriment d'utilitzar la programació, el desenvolupament i disseny d'entorns 2D i 3D, així com també manté relació amb els tallers dedicats a la realitat virtual. El propòsit principal d'este treball radica en la possibilitat de promoure la cultura de València a tota classe de públic d'una forma innovadora, fomentant gràcies a este mètode, la inclusió i accessibilitat de turisme en permetre a persones amb mobilitat reduïda o limitacions econòmiques experimentar virtualment un coneixement de la ciutat.

ABSTRACT

This Bachelor's Degree Final Project (TFG) consists of the development of a 3D model of the city of Valencia in a mixed reality space, where through interaction with elements and the viewing of informative videos, the user will be able to enjoy an immersive experience and get to know the most emblematic places of the city. The map will show points of interest with markers to interact with, display audiovisual content and offer the option to travel through 360-degree videos. To do this, we will work in the "Unity" environment creating programming scripts and configuring the interface of the program itself, in addition to the use of the virtual reality glasses "Meta Quest 3" and their respective controllers. As it is a mixed reality app, it is directly related to the degree in Digital Technology and Multimedia, given the requirement to use programming, development and design of 2D and 3D environments, as well as being related to the workshops dedicated to virtual reality. The main purpose of this work lies in the possibility of promoting the culture of Valencia to all kinds of public in an innovative way, enhancing thanks to this method, the inclusion and accessibility of tourism by allowing people with reduced mobility or economic limitations to virtually experience a knowledge of the city.

RESUMEN EJECUTIVO

La memoria del TFG del Grado en Tecnología Digital y Multimedia debe desarrollar en el texto los siguientes conceptos, debidamente justificados y discutidos, centrados en el ámbito de la tecnologías digitales y multimedia

CONCEPT (ABET)	CONCEPTO (traducción)	¿Cumple? (S/N)	¿Dónde? (páginas)
1. IDENTIFY:	1. IDENTIFICAR:		
1.1. Problem statement and opportunity	1.1. Planteamiento del problema y oportunidad	S	Pág. 1
1.2. Constraints (standards, codes, needs, requirements & specifications)	1.2. Toma en consideración de los condicionantes (normas técnicas y regulación, necesidades, requisitos y especificaciones)	S	Pág. 1
1.3. Setting of goals	1.3. Establecimiento de objetivos	S	Págs. 3-4
2. FORMULATE:	2. FORMULAR:		
2.1. Creative solution generation (analysis)	2.1. Generación de soluciones creativas (análisis)	S	Págs. 29-34, 35-41, 42-48
2.2. Evaluation of multiple solutions and decision-making (synthesis)	2.2. Evaluación de múltiples soluciones y toma de decisiones (síntesis)	S	Págs. 20-21, 22, 29, 39, 46
3. SOLVE:	3. RESOLVER:		
3.1. Fulfilment of goals	3.1. Evaluación del cumplimiento de objetivos	S	Pág. 49
3.2. Overall impact and significance (contributions and practical recommendations)	3.2. Evaluación del impacto global y alcance (contribuciones y recomendaciones prácticas)	S	Págs. 52-53

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1 Justificación del Proyecto	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Objetivos de desarrollo sostenible	4
2. Marco teórico	5
2.1 Definición de Realidad Mixta	5
2.2 Tecnología subyacente	7
2.2.1 Software de procesamiento	7
2.2.2 Dispositivos de hardware	8
2.3 Aplicaciones generales	10
2.4 Realidad Mixta en el turismo	10
2.4.1 Ventajas y desventajas de la realidad mixta en el turismo	10
2.4.2 Ejemplos y Casos de Estudio	11
2.5 El turismo en Valencia	14
2.5.1 Estado actual del turismo	14
2.5.2 Tendencias del turismo con la realidad mixta	16
2.5.3 Proyectos en progreso de publicación	16
3. Metodología	17
3.1 Etapas de planificación del desarrollo	17
3.2 Hardware usado	18
3.3 Software empleado	22
3.4 Librerías	24
4. Desarrollo del proyecto	26
4.1 Inicio y configuración de proyecto	26
4.2 Configuración de las gafas y controladores en Unity	27
4.3 Creación de funciones	29
4.4 Preparación para el contenido audiovisual	34
4.5 Escenas con videos 360°	36
4.6 Diseño de la interfaz de usuario	37
4.7 Animación de objetos	39
4.8 Sonido del proyecto	41

4.9 Proceso de Creación de la Maqueta 3D de Valencia	42
4.10 Creación e integración de contenido audiovisual.....	46
4.10.1 Vídeos en pantalla.....	46
4.10.2 Vídeos en escenas de inmersión.....	47
5. Resultados y aplicación práctica.....	49
5.1 Resultados obtenidos	49
5.2 Puesta en práctica.....	52
6. Conclusiones y propuesta de trabajo futuro.....	53
6.1 Propuestas de futuro.....	53
7. Bibliografía	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenible del proyecto.
Figura 2. La realidad mixta en el continuum realidad-virtualidad [2].
Figura 3. Icono de del software Unity [4].
Figura 4. Icono de del software Unreal Engine [6].
Figura 5. Dispositivos que permiten Realidad Mixta.
Figura 6. Tour virtual por Blue Badge [13].
Figura 7. Exposición inmersiva en museo [14].
Figura 8. Museo de la Telecomunicación virtual [15].
Figura 9. Edificio restaurado en el proyecto de preservación [16].
Figura 10. Daños del volcán en la aplicación de Magic leap [17].
Figura 11. Datos y estadísticas del turismo en Valencia [18].
Figura 12. Gráfico de la evolución del número de turistas en Valencia [18].
Figura 13. Gafas de Realidad Virtual Meta Quest 3 [23].
Figura 14. Cámara Nikon KeyMission 360 [25].
Figura 15. Trípode STITZ T-90BX [26].
Figura 16. Herramientas de software en el proyecto.
Figura 17. Package Manager de Unity.
Figura 18. Configuración del apartado “Project Settings” de Unity.
Figura 19. Building Block en Unity.
Figura 20. Código sobre las extracciones de datos.
Figura 21. Código de funciones para el movimiento.

Figura 22. Componentes de un GameObject.

Figura 23. Código sobre la interacción con objetos.

Figura 24. Pantalla del proyecto y su componente.

Figura 25. Ejemplo de escena inmersiva.

Figura 26. Texto en las escenas inmersivas.

Figura 27. Controlador con las indicaciones.

Figura 28. Indicador del mapa.

Figura 29. Código sobre las animaciones de los marcadores.

Figura 30. Herramientas empleadas para la creación de la maqueta 3D.

Figura 31. Proceso de captura en RenderDoc.

Figura 32. Captura de pantalla en Google Maps mediante RenderDoc.

Figura 33. Mapa 3D en Blender.

Figura 34. Edición en Adobe Premiere Pro de un vídeo de la pantalla.

Figura 35. Grabación con Nikon KeyMission 360 en Valencia.

Figura 36. Edición en Adobe Premiere Pro de un vídeo 360 grados.

Figura 37. “Tutorial” en el proyecto.

Figura 38. Maqueta dentro del proyecto.

Figura 39. Pantalla con vídeo en el proyecto.

Figura 40. Vídeo 360 grados en el proyecto.

1. Introducción

La realidad mixta está transformando cada vez más el escenario digital actual. En un mundo cada vez más tecnológico como es el nuestro, donde las tecnologías emergentes se transforman constantemente, se abren ante nosotros nuevas oportunidades para sectores como el turismo y la promoción cultural. Así, inmersos en un entorno de realidad mixta, surge este proyecto centrado en ofrecer nuevas formas de unir el escenario real con el digital; de interactuar con entornos digitales a partir del desarrollo de una maqueta 3D interactiva de la ciudad de Valencia, en una necesaria aplicación de realidad mixta modificando transformaciones de objetos para poder manipularlos en el entorno, creando un reproductor de vídeo donde el usuario visualizará contenido sobre el lugar que quieran visitar y diseñado escenarios con vídeos de 360 grados para una experiencia inmersiva. De este modo, el presente trabajo permite a cualquier persona entrar en un viaje virtual más allá de su ubicación, sus condiciones físicas y/o económicas, para experimentar en primera persona la vida de esta ciudad, su riqueza histórica, arquitectónica y cultural.

Al utilizar tecnologías avanzadas como Unity y dispositivos innovadores como Meta Quest 3, se aprovecha el potencial tecnológico de nuestros tiempos, en este caso, para acercar la cultura a las personas. Asimismo, estas gafas de realidad virtual son el medio ideal para la experiencia de realidad mixta, y Valencia parece ser el escenario perfecto para explorar las posibilidades que ofrecen. Desde la Ciudad de las Artes y las Ciencias, pasando por el Mestalla, y hasta las plazas más significativas del casco antiguo, es una ciudad llena de sensaciones que pueden ser potenciadas a través de la maqueta 3D, la cual permitirá a los usuarios sumergirse en las calles, plazas y monumentos a través de la interacción con puntos de interés informativos, con un gran nivel de detalle y realismo.

De esta manera, el proyecto se apoya en scripts de programación y una interfaz configurada para ofrecer una experiencia como nunca se había ofrecido. Pero, en última instancia, se compromete con la accesibilidad y la inclusión. En ese sentido, la realidad mixta acoge a la diversidad apelando a un público mucho más amplio, donde personas con discapacidad, movilidad reducida o limitaciones económicas sean tenidas en cuenta para experimentar virtualmente y conocer la cultura, sin necesidad de desplazarse físicamente. Gracias a estas innovaciones, se demuestra una vez más que las tecnologías pueden ser usadas para mejorar la

calidad de vida de las personas, además de la experiencia turística y la promoción cultural. Por ello, esta iniciativa es un paso hacia el futuro, donde la tecnología se pone al servicio de la cultura y sociedad, creando un mundo más digital pero también más accesible para todos.

1.1 Justificación del Proyecto

El propósito de este trabajo reside en promover la cultura y mejorar la accesibilidad al turismo a través de una plataforma innovadora, y así, atraer a un amplio abanico de personas: desde turistas, personas con barreras físicas y/o económicas, hasta aquellos que estén interesados en la tecnología. La realidad mixta fomenta la inclusión, garantizando que todos ellos puedan disfrutar al mismo tiempo que aprenden acerca de la historia y cultura de Valencia. Además, esta plataforma también puede ser usada como una herramienta educativa, facilitando el aprendizaje de los estudiantes y contribuyendo a la formación de una sociedad que conoce y aprecia su cultura.

Asimismo, el presente proyecto se ha desarrollado en el marco de las prácticas en Nunsys, una empresa de soluciones tecnológicas comprometida con la innovación y la mejora de los servicios de industrias y negocios a través de la tecnología. La entidad ha reconocido el potencial del entorno de realidad mixta que se va a desarrollar, un potencial estrechamente ligado a atraer y retener futuros clientes. En ese aspecto, la empresa ve en este proyecto una inversión de futuro para expandir su presencia en el mercado, y ofrecer una mayor variedad de servicios y soluciones avanzadas a más empresas y sectores, en especial mención al turismo. De esta manera, profesionalmente ha sido una gran oportunidad elegir este tipo de desarrollo tecnológico, además de por muchas otras razones mencionadas anteriormente.

A nivel personal, elegí este proyecto al nacer y crecer en la ciudad de Valencia. A raíz de un profundo interés en las tecnologías y de querer impulsar el turismo local de mi ciudad, surgió esta creación. Teniendo la posibilidad de utilizar la realidad mixta para crear experiencias reales, pero al mismo tiempo digitales con las que atraer a una gran diversidad de personas, es el momento de que el mundo conozca Valencia. Por tanto, considero que la tecnología puede transformar la manera en la que las personas interactúan con la ciudad, proporcionando una mayor inmersión y una educación sobre nuestra cultura. De ahí que, más allá de fomentar el

turismo y la inclusión, la importancia también se halla en realzar la belleza de Valencia desde la innovación tecnológica aplicada en el sector turístico.

Además, con este proyecto se busca reforzar y ampliar los conocimientos adquiridos en el grado en Tecnología Digital y Multimedia, aplicando habilidades en programación, desarrollo en entornos 2D y 3D, y realidad virtual y aumentada, habilidades las cuales se han trabajado en asignaturas como Programación, Desarrollo y Diseño de Videojuegos, Talleres de Realidad Virtual y Edición y Postproducción Audiovisual.

1.2 Objetivos

A continuación, se presentan el objetivo general y objetivos específicos que se pretenden alcanzar con la realización de este proyecto:

1.2.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es desarrollar una aplicación de realidad mixta en la que el usuario pueda interactuar con elementos virtuales y conocer de manera inmersiva cómo son algunos lugares de la ciudad de Valencia.

1.2.2 Objetivos específicos

Estos son los objetivos específicos que se pretenden cumplir a lo largo del desarrollo:

- Estudiar el ámbito de la realidad virtual.
- Manejar el entorno de Unity para el desarrollo de proyectos de realidad mixta.
- Integrar las funcionalidades para el funcionamiento de las Meta Quest 3.
- Desarrollar funciones para objetos.
- Manipular objetos 3D mediante los controladores.
- Gestionar un visualizador de vídeos.

- Crear escenas con vídeos en 360 grados.
- Diseñar una interfaz de usuario.
- Animar elementos 3D dentro de la escena.
- Incorporar al entorno una maqueta 3D de la ciudad.
- Grabar e incorporar vídeos 360 grados.

1.3 Objetivos de desarrollo sostenible

Este trabajo puede estar relacionado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de la Agenda 2030 [1]. Estos son los más destacados (Figura 1):

- ODS 4: Educación de Calidad

Meta 4.7: “Asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otros”.

El proyecto puede servir como herramienta educativa interactiva para estudiantes y visitantes, ofreciendo información cultural e histórica de forma innovadora y atractiva.

- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

Meta 9.5: “Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países”.

Usar tecnologías emergentes como la realidad mixta o la programación en Unity fomenta la innovación y el desarrollo tecnológico tanto en el ámbito turístico como educativo.

- ODS 10: Reducción de las Desigualdades

Meta 10.2: “Potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas.”

Se puede mejorar la accesibilidad al turismo para personas con movilidad reducida o limitaciones económicas, promoviendo la inclusión.

- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

Meta 11.4: “Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.”

Este proyecto puede promover y proteger el patrimonio cultural de Valencia al hacerlo accesible de forma virtual, permitiendo a un público más amplio conocer y apreciar su historia y cultura.

- ODS 17: Alianzas para lograr los Objetivos

Meta 17.16: Mejorar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Se podría realizar colaboraciones con instituciones educativas y culturales para fortalecer alianzas y aumentar el alcance e impacto del proyecto, facilitando así el acceso a un mayor número de usuarios.



Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenible del proyecto.

2. Marco teórico

2.1 Definición de Realidad Mixta

Para entender la idea de realidad mixta, primero hay que explicar las dos realidades que la forman, tecnologías con las que está muy relacionada, que son la realidad virtual y la realidad aumentada.

La realidad virtual supone una inmersión total a un mundo completamente digital, dando la sensación de estar presente sin estar físicamente. La primera industria en dar impulso a esta realidad fue la de los videojuegos, la cual ha dado origen a la tecnología moderna de este ámbito, introduciendo los cascos y controladores que permiten esta experiencia.

Por otro lado, la realidad aumentada es aquella que se utiliza para proporcionar información del mundo digital al mundo real, extrayendo y recopilando datos del entorno visual, detectando automáticamente el suelo y calculando la iluminación del alrededor. De esta manera, los algoritmos de aprendizaje automático y la visión por computadora se integran.

La realidad mixta es una tecnología que utiliza dispositivos electrónicos para combinar el mundo real con elementos virtuales interactivos. Se introdujo en 1994 y permite una mayor interacción entre objetos reales y virtuales. Según el modelo de realidad-virtualidad, la realidad mixta abarca todos los entornos que no son completamente reales ni completamente virtuales, permitiendo a los objetos virtuales responder a cambios en el entorno real [2].

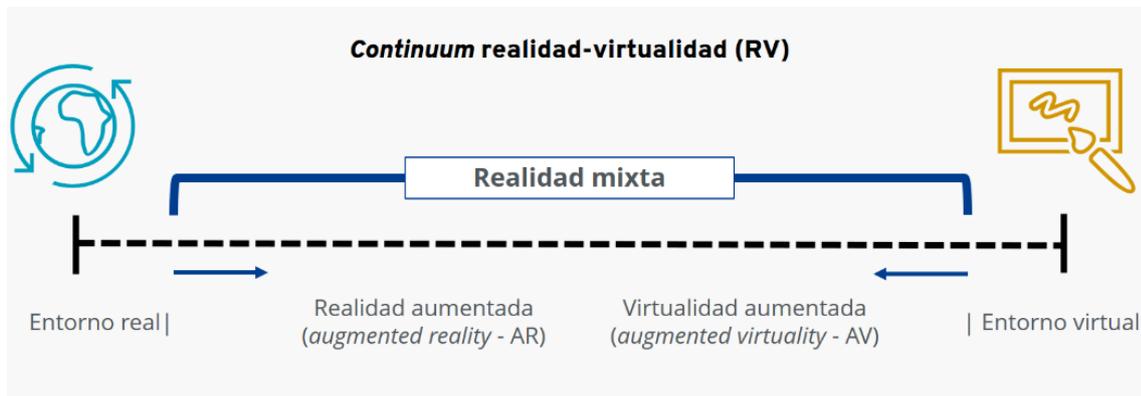


Figura 2. La realidad mixta en el continuum realidad-virtualidad [2].

Algunas de las características más destacadas de la realidad mixta son la agregación de ámbitos virtuales y reales, es considerada como una tecnología en tiempo real e interactiva, y puede registrarse en tres dimensiones.

2.2 Tecnología subyacente

Los desarrollos basados en realidad mixta requieren de tecnologías específicas. En este apartado se describen tanto softwares de procesamiento como dispositivos de hardware que permiten la creación de esta técnica.

2.2.1 Software de procesamiento

El software de procesamiento permite manejar y transformar datos para generar las experiencias interactivas e inmersivas. Este incluye motores gráficos que ofrecen plataformas para el diseño y renderizado de entornos 3D y frameworks que aportan funcionalidades para la interacción y el seguimiento.

Motores gráficos:

- Unity:

Unity es un software que recoge las herramientas para desarrollar proyectos y videojuegos para diferentes plataformas debido a su programación por scripts y su editor visual. La característica que más destaca es la gran comunidad de usuarios que emplean este software, permitiendo un gran acceso a foros y documentación en línea que sirven para ayudar a los desarrolladores. Este motor gráfico es el que se va a emplear para realizar el proyecto [3].



Figura 3. Icono de del software Unity [4].

- Unreal engine:

Software también diseñado para el desarrollo de juegos, tiene la ventaja frente a “Unity” de usar técnicas avanzadas de renderizado en tiempo real, pudiendo crear gráficos fotorrealistas a un alto nivel. Además, tiene herramientas para la animación, el audio y la compatibilidad. Estas grandes características y muchas otras, convierten a “Unreal” en uno de los motores más importantes de la industria. [5]



Figura 4. Icono de del software Unreal Engine [6].

- **Frameworks:**

- Meta XR All-In-One SDK:

Este framework es un paquete que contiene múltiples funcionalidades que ofrece Meta para la creación de experiencias inmersivas, tanto en realidad virtual como mixta. Está diseñado para optimizar el desarrollo en dispositivos Meta, como Meta Quest, entre otros. Algunas características claves que ofrece son el renderizado gráfico, el seguimiento de movimiento, elementos de interfaz de usuario, y muchos más que se emplearán dentro de este proyecto [7].

- Mixed Reality Toolkit:

Este paquete controlado por Microsoft abarca un conjunto de componentes para agilizar el proceso de desarrollo de las aplicaciones de realidad mixta en Unity. Incluye un sistema de entrada multiplataforma permitiendo a los desarrolladores crear aplicaciones de forma coherente en diversas plataformas. También ofrece a los desarrolladores realizar cambios mientras se ven los resultados de inmediato dentro del entorno y personalizar y reemplazar componentes clave según las necesidades específicas [8].

2.2.2 Dispositivos de hardware

A continuación, se presentan los dispositivos más destacados y sus capacidades que consiguen fusionar el mundo digital con el físico.

- Cascos/gafas:

Algunos dispositivos que ofrecen realidad mixta son las “Microsoft HoloLens 2”, las cuales tienen una computación holográfica autónoma la cual posee mejoras ergonómicas, más campo de visión y mejoras en los reconocimientos de gestos. Estas permiten a los usuarios la interacción con hologramas en el mismo entorno real, sin tener que conectarse de forma externa, facilitando así la experiencia inmersiva.

Otro ejemplo son las “Apple Vision Pro”. Estas gafas tienen la capacidad de crear, junto a sus pantallas micro-OLED de gran resolución con una visualización detallada y su audio espacial, una experiencia innovadora auditiva tridimensional. Ofrecen controles mediante comandos de ojos, manos y voz, facilitando así interacciones naturales y fluidas con la interfaz digital. Está diseñado con el sistema operativo visionOS, el cual está desarrollado de manera específica para el uso de la realidad mixta, ofreciendo diversas experiencias y aplicaciones explotando sus capacidades únicas.

Finalmente, las Meta Quest 3, gafas que se han empleado para este proyecto, se explicarán más adelante en detalle.

- Dispositivos portátiles:

Los smartphones y las tabletas utilizan las cámaras y sensores para proyectar elementos digitales en el entorno físico. Esto permite una mayor versatilidad y accesibilidad para experimentar la realidad mixta, aunque con una menor inmersión [9].

- Consolas:

Ciertas consolas como la “Xbox” y la “PlayStation” integran realidad mixta con cascos y controladores compatibles, ofreciendo nuevas posibilidades de entretenimiento más allá de las configuraciones tradicionales basadas en PC.



Figura 5. Dispositivos que permiten Realidad Mixta.

2.3 Aplicaciones generales

La realidad mixta está afectando a múltiples sectores ofreciendo capacidades tecnológicas para tratar problemas y mejorar experiencias de las personas. Estas son algunos de los ámbitos donde se emplea la realidad mixta:

- Entretenimiento

En este ámbito, los videojuegos están teniendo la capacidad de transmitir experiencias de realidad mixta con un amplio sentido de la inmersión, donde los jugadores interactúan con personajes y entornos digitales integrados en espacios reales convirtiendo el espacio de juego en un área personalizable [10].

- Educación

Dentro de la educación la realidad mixta permite a alumnos tener interacciones con elementos digitales incorporados en el mundo real. Algunos de los casos que ya se están dando son las simulaciones 3D, proyecciones y laboratorios virtuales que favorecen al alumno a comprender y explorar conceptos complejos. Así de esta manera, la enseñanza y la experimentación se potencia de una manera escalable y segura [11].

- Medicina

En la medicina se aplica la realidad mixta en campos como la cirugía, haciendo que los cirujanos tengan la capacidad de acceder y gestionar datos clínicos de un paciente, tales como resonancias, radiografías y muchos más en tiempo real durante una operación. Gracias a esto, se mejora la precisión del profesional, aminoran los riesgos de las intervenciones y facilita el compartir la visualización de los datos con otros usuarios [12].

2.4 Realidad Mixta en el turismo

2.4.1 Ventajas y desventajas de la realidad mixta en el turismo

El turismo está siendo revolucionado con la integración de la realidad mixta, haciendo que viajeros y turistas puedan experimentar y planificar sus destinos. Sin embargo, a pesar de tener numerosas ventajas, también intervienen desafíos que se deben tener en cuenta.

En la tabla 1 se muestran las principales ventajas y desventajas de la realidad mixta en el sector turístico.

Ventajas	Desventajas
Los turistas pueden experimentar destinos de manera inmersiva antes de viajar.	La implementación de tecnología de realidad mixta puede ser costosa.
Los tours pueden ser mejorados con información interactiva y hologramas.	No todos los turistas tienen acceso a dispositivos de realidad mixta.
Personas con movilidad reducida pueden explorar destinos inaccesibles físicamente.	La excesiva dependencia en la tecnología puede restar autenticidad a la experiencia de viaje.
Ofrece la posibilidad de personalizar las visitas según los intereses del turista.	La tecnología puede fallar y requiere mantenimiento constante.
Proporciona una herramienta poderosa para atraer turistas mediante experiencias de previsualización.	La recopilación de datos personales para personalizar experiencias puede plantear problemas de privacidad.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la Realidad Mixta en el turismo.

2.4.2 Ejemplos y Casos de Estudio

- Tours virtuales por la ciudad con Blue Badge:

Blue Badge, una empresa con sede en Londres ofrece tours de RM que superponen información histórica y arquitectónica en 3D sobre lugares emblemáticos como el Palacio de Buckingham y la Torre de Londres. Esto permite a los turistas experimentar la rica historia de la ciudad de manera atractiva e inmersiva [13].



Figura 6. Tour virtual por Blue Badge [13].

- Exposiciones con realidad mixta en museos chinos:

Muchos museos en China están utilizando tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual para mostrar exposiciones más inmersivas. En las Ruinas Arqueológicas de la Ciudad de Liangzhu, las gafas de realidad aumentada plasman información detallada de cada reliquia y reproducen comentarios de audio para los visitantes. Además, el Museo de Sanxingdui ha abierto una sala de exposiciones en línea donde los visitantes pueden ver las exhibiciones a través de VR, ofreciendo una experiencia educativa interactiva y accesible desde cualquier lugar [14].



Figura 7. Exposición inmersiva en museo [14].

- Visitas al museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra:

El museo de Telecomunicaciones de la ETSIT Vicente Miralles Segarra, tiene aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada que ofrecen una visita innovadora al museo.

La aplicación de realidad virtual permite al usuario entrar en un entorno del museo y poder desplazarse dentro de este con total libertad observando cada detalle replicado digitalmente. Por otro lado, la aplicación de realidad aumentada posibilita al usuario presente en el museo, escanear unos códigos QR repartidos por el edificio para disfrutar de una experiencia más realista de lo que se está observando [15].



Figura 8. Museo de la Telecomunicación virtual [15].

- Proyecto de preservación arquitectónica en Lahaina

El proyecto permite a los estudiantes entender la importancia de la preservación histórica y utilizar la tecnología para recrear edificios históricos y existentes, facilitando la experiencia del espacio incluso a distancia. La realidad mixta permite a los estudiantes superponer información digital sobre el mundo real, proporcionando una experiencia inmersiva en la que pueden interactuar con representaciones virtuales de edificios históricos [16].



Figura 9. Edificio restaurado en el proyecto de preservación [16].

- Experiencia de realidad mixta en “Magic Leap One”

La incursión del New York Times en la realidad mixta con Magic Leap ofrece una innovadora aplicación al turismo, como se muestra en su experiencia de explorar los daños del volcán Fuego en Guatemala. Esta tecnología permite a los usuarios sentirse físicamente presentes en eventos naturales o históricos, brindando una comprensión inmersiva. Desde explorar destinos históricos hasta recibir guías turísticas interactivas en tiempo real [17].



Figura 10. Daños del volcán en la aplicación de Magic leap [17].

2.5 El turismo en Valencia

En este apartado se hablará del estado actual del turismo en la ciudad de Valencia, de cómo ha evolucionado con respecto a años anteriores y de cómo lo haría en el futuro con la integración de la realidad mixta.

2.5.1 Estado actual del turismo

Los datos del sector turístico de la Comunidad Valenciana para 2023 muestran un gran crecimiento, con incrementos en las tasas de ocupación de alojamientos, número de visitantes y rentabilidad económica. La ciudad se posiciona competitivamente gracias a políticas de sostenibilidad, adaptaciones normativas y cooperación público-privada.

En la Figura 11 se muestra una estimación de los datos de balance de 2023 a partir de datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) [18].



Figura 11. Datos y estadísticas del turismo en Valencia [18].

En 2023, el turismo en la Comunidad Valenciana mostró un crecimiento significativo en viajeros e ingresos, superando por primera vez el 16% de aportación al PIB (Producto Interno Bruto). Las empresas turísticas en España también registraron un aumento en ventas y esfuerzos de contención de costes, a pesar del incremento de los costes financieros (+18,9%) y laborales (+7,3%). Los costes de suministros aumentaron (+9,6%) y los energéticos disminuyeron (-2,8%).

A continuación en la Figura 12, se muestra un gráfico de la evolución del número de turistas extranjeros y nacionales que han visitado la Comunidad Valenciana:

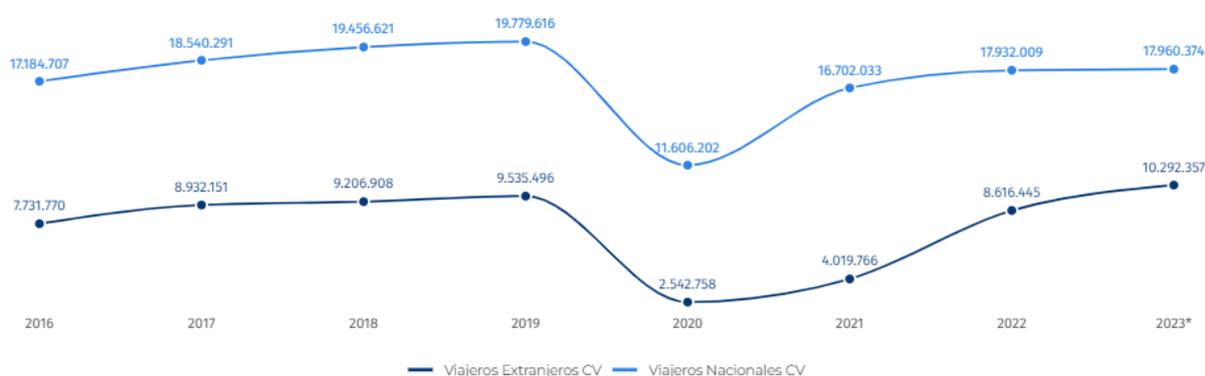


Figura 12. Gráfico de la evolución del número de turistas en Valencia [18].

Se observa una bajada notable en 2020 debido a la pandemia mundial causada por el Covid-19, sin embargo, cuando las medidas comienzan a estabilizarse, el número de turistas vuelve a crecer y retoma los números que anteriormente se registraban.

2.5.2 Tendencias del turismo con la realidad mixta

Integrar la tecnología de realidad mixta en el turismo de la ciudad de Valencia podría transformar significativamente varias tendencias actuales.

Los viajeros podrían disfrutar de experiencias únicas y memorables explorando sitios históricos con reconstrucciones digitales. La realidad mixta podría enriquecer el interés por la gastronomía y productos locales mediante tours virtuales en mercados y restaurantes. También se podría priorizar el bienestar físico y emocional ofreciendo sesiones de yoga y meditación en entornos reales con instrucciones virtuales. Además, la sostenibilidad y la responsabilidad social se verían beneficiadas al reducir la necesidad de viajes físicos a través de exploraciones virtuales, mientras la digitalización del ciclo de viaje y la gestión de datos turísticos se potenciarían con interfaces intuitivas y análisis avanzados de datos. También habría la posibilidad de personalizar las experiencias turísticas y segmentar mejor el mercado, ofreciendo a los visitantes una experiencia enriquecida y adaptada a sus preferencias [18].

2.5.3 Proyectos en progreso de publicación

La Consellería de Innovación, Industria, Comercio y Turismo de Valencia financió en 2023 el proyecto “En Primera Persona”, un sistema de proyección inmersiva que combina realidad virtual, aumentada y mixta. Este sistema, desarrollado junto a la Universitat Jaume I y la empresa Amazing Up, busca innovar las experiencias turísticas y concienciar sobre el medio ambiente sin necesidad de gafas especiales, solamente usando teléfonos móviles como interfaz. La iniciativa también integra inteligencia artificial para analizar el comportamiento de los usuarios y mejorar la sostenibilidad del turismo [19].

3. Metodología

3.1 Etapas de planificación del desarrollo

La planificación se dividió en varias etapas para desarrollar el proyecto de forma eficiente y exitosa.

- Etapa 1:

En primer lugar, se realizó un análisis de los objetivos y qué funcionalidades serían necesarias ideando unos resultados esperados. A partir de estas observaciones, se elaboró un plan de trabajo para definir las tareas a elaborar y una estimación de plazos para cada una.

- Etapa 2:

Esta etapa se centró en la investigación de las herramientas y funciones tanto de los programas utilidades como de las gafas Meta Quest 3. Esto conlleva a obtención de conocimientos sobre programación, desarrollo en entornos virtuales y configuración de las gafas de realidad virtual. Para obtener más información sobre este tipo de entornos, se realizaron varias pruebas de videojuegos para tener una referencia visual y funcional de lo que podría llegar a ser el proyecto. Tras probar varios, alguna de las inspiraciones que surgieron fue por los videojuegos “Lego Bricktales” [20] y “Demeo” [21].

- Etapa 4:

Una vez finalizada la investigación, se llevó a cabo el diseño y desarrollo de la propia aplicación. Esto implicó la creación de la maqueta 3D de lugares de la ciudad, la implementación de interacciones y la preparación del contenido audiovisual.

- Etapa 5:

Mientras se desarrollaba el proyecto, se iban haciendo pruebas para comprobar la funcionalidad y la calidad. Según se observaban los resultados, se realizaron ajustes y mejoras.

- Etapa 6:

Esta última etapa se basó en la creación del contenido audiovisual que se mostraría en el proyecto para ofrecer al usuario información relevante de los lugares que se iban a exponer.

3.2 Hardware usado

Estos son los componentes físicos empleados para el desarrollo del proyecto

- Portátil Victus by HP Laptop 16-e0xxx: Equipado con un procesador AMD Ryzen 7 5800H a 3.20 GHz con gráficos Radeon, y cuenta con 16 GB de RAM, una gráfica NVIDIA GeForce RTX 3050 y el sistema operativo Windows 11.
- Cable de conexión: Cable de tipo USB-A a tipo USB-C para conectar el portátil con las gafas VR.
- Gafas de realidad virtual META QUEST 3: Las Meta Quest 3 son gafas de realidad virtual de Meta. Sus controladores ergonómicos y su diseño “standalone” permiten gran movilidad y facilitan el desarrollo y prueba de aplicaciones VR. Utilizan el sistema operativo Meta Horizon OS, una versión modificada de Android de código abierto. Estas características hacen de las Meta Quest 3 una plataforma ideal para crear y experimentar aplicaciones inmersivas en el metaverso [22].



Figura 13. Gafas de Realidad Virtual Meta Quest 3 [23].

Como se muestra en la tabla 2, se presentan algunas de las características de las gafas Meta Quest 3 [24]:

Nombre	Descripción	Explicación
SoC (“System on Chip”)	Snapdragon XR2 Gen2	Chip que contiene componentes para proporcionar experiencias más fluidas y con menos interrupciones
DRAM (“Dynamic Random Access Memory”)	8 GB	Memoria que permite ejecutar varias aplicaciones a la vez
Almacenamiento base	128 GB, 512 GB	Ofrece gran espacio para almacenar aplicaciones
Correa	Correa suave	Permite el uso de las gafas durante más tiempo
Niveles de inmersión	Un nivel	
Resolución de pantalla (por ojo)	2064 × 2208 1218 PPI 25 PPD	PPI: Píxeles por pulgada PPD: Píxeles por grado Proporciona gráficos realistas y experiencias de vídeo nítidas

Frecuencia de actualización	72 Hz, 80 Hz, 90 Hz, 120 Hz	
Campo de visión (grados)	110 horizontal/96 vertical	
Lentes	Lentes Pancake, IAD continua	Permite un ajuste personalizado
Gama de colores	100 % del espacio de color sRGB	
Seguimiento	De manos y de controladores	Buena precisión y respuesta. Híbrido, con visión artificial y aprendizaje automático
Tecnología háptica	Tecnología háptica variable TruTouch	Ofrece experiencia táctil realista y envolvente
Enfoque exterior	Color (4 MP, 18 PPD)	Fusiona el enfoque del mundo físico con el digital.
Batería	5060 mAh, 2,2 horas de duración	Basado en el uso general del dispositivo.

Tabla 2. Propiedades y especificaciones de las gafas Meta Quest 3 [24].

Para el desarrollo de este proyecto se escogieron las Meta Quest 3 y no las Meta Quest 2 debido a la diferencia de rendimiento, resolución y precisión de seguimiento de movimiento.

Las Meta Quest 3 ofrecen un procesador más avanzado y tienen más capacidad de memoria. Esto le permite manipular aplicaciones que requieren más potencia sin perjudicar el rendimiento. Gracias también a su alta resolución de pantalla y tasa de refresco, permiten al usuario experimentar una experiencia visual más precisa y clara sin producir fatiga visual. Además, al tener un seguimiento de

movimiento mejorado, hace que el usuario tenga interacciones más naturales y efectivas con los elementos virtuales.

A pesar de que las Meta Quest 2 son una opción más económica, comprende unas limitaciones que podrían haber perjudicado la calidad de la experiencia. Debido a que fueron los únicos dispositivos disponibles para realizar el proyecto, se optaron por las Meta Quest 3 para garantizar una experiencia óptima e inmersiva.

- Nikon KeyMission 360: Cámara de vídeo que permite grabar en un formato 360 grados.



Figura 14. Cámara Nikon KeyMission 360 [25].

- Trípode STITZ T-90BX: Sirve como estabilizador de la cámara de vídeo y para que el contenido grabado en 360 grados sea estático y sin ningún tipo de temblor.



Figura 15. Trípode STITZ T-90BX [26].

3.3 Software empleado

- Unity

Como ya se ha mencionado anteriormente, “Unity” es un motor gráfico que permite el desarrollo de videojuegos para múltiples consolas y dispositivos, para webs, móviles y dispositivos de realidad aumentada, con una base establecida para no tener que empezar desde cero en cada plataforma. Este emplea el lenguaje de programación C#, el cual está diseñado para simplificar y facilitar el desarrollo de videojuegos. También, integra funciones y diversos recursos con herramientas que ahorran tiempo de diseño para focalizarse en la experiencia del jugador.

Este software se actualiza constantemente, haciendo de esta manera accesible el conocimiento de programación y diseño de interfaces. Esto hace que sea una buena elección para proyectos de realidad mixta eficientes y de gran calidad [27].

En lugar de elegir “Unreal Engine” como entorno de desarrollo, se optó por el uso de “Unity” debido a la experiencia previa que se tenía con el software y la cantidad de tiempo limitado disponible para desarrollar el proyecto. Aunque “Unreal Engine” se conoce por tener un potente rendimiento gráfico y unas capacidades avanzadas al resto de motores gráficos, el tiempo requerido para afianzar su manejo habría sido considerable. Dado que “Unity” ofrece una interfaz más familiar, fue la opción más lógica para permitir un desarrollo ágil y eficiente, garantizando así la calidad y la puntualidad del resultado.

A pesar de ello, se reconoce que de haber tenido más tiempo, explorar “Unreal” podría haber llevado el proyecto a un nivel superior en cuanto a rendimiento gráfico y realismo.

- Blender

Blender es un software gratuito y de código abierto. Está dirigido a diseñadores gráficos que les permite generar y crear modelos 3D y vídeos a una gran calidad. También ofrece funciones de escultura, pintura y composición digital. Los diseñadores eligen este programa por su alta calidad frente otras herramientas de modelado, que además requieren licencia [28].

- SideQuest

SideQuest es un software que permite a los usuarios de Meta acceder a contenido relacionado con la realidad virtual, incluyendo juegos, aplicaciones y experiencias de realidad virtual. Además, SideQuest también ofrece herramientas para desarrolladores, lo que facilita la distribución de sus propias creaciones dentro de la plataforma. También permite la transferencia de archivos entre el dispositivo Meta Quest y el portátil [29].

- Meta Quest Link

Meta Quest Link es una función que permite conectar un dispositivo Meta Quest a un ordenador mediante un cable USB para probar los proyectos de “Unity”. Esta aplicación que se ubica dentro de las propias gafas ha facilitado el proceso de desarrollo al permitir utilizar “Unity” en el portátil para crear y probar la aplicación directamente en el dispositivo Meta Quest, sin necesidad de realizar la compilación y transferencia de archivos. Meta Quest Link permite comprobar el proceso de desarrollo del proyecto de una forma fluida y eficiente.

- Adobe Premiere Pro

Adobe Premiere Pro es un software de edición de vídeo profesional desarrollado por Adobe Systems. Usado en la industria del cine, la televisión y la producción de videos online, permite a los usuarios cortar, ensamblar y aplicar efectos visuales y de sonido a las secuencias de vídeo [30].

- KeyMission 360/170 Utility

“KeyMission 360/170 Utility” es un software diseñado para facilitar la transferencia de archivos desde las cámaras Nikon KeyMission 360 y KeyMission 170 al ordenador. Este programa permite a los usuarios descargar y gestionar las fotos y videos obtenidos con estas cámaras de acción. Además de la transferencia de archivos, la aplicación también ofrece herramientas básicas de edición y la capacidad de visualizar las imágenes y videos en 360 grados [31].



Figura 16. Herramientas de software en el proyecto.

3.4 Librerías

Una librería es un conjunto de funciones y código predefinido que se puede utilizar dentro de los programas para realizar tareas específicas y facilitar al usuario la programación. Estas se declaran al comienzo de todos los scripts (páginas de código de programación).

Emplear librerías en un proyecto es necesario, ya que concede al desarrollador las herramientas para poder diseñar su código, y este obtiene múltiples beneficios, como la agilización del desarrollo, el apoyo de código ya generado previamente para no tener que crearlo desde cero y la fiabilidad del funcionamiento.

Estas son las librerías que se han empleado para este proyecto:

- “UnityEngine”: Librería principal que proporciona la funcionalidad para el desarrollo de la aplicación y que contiene clases y funciones que cubren la mayoría de los aspectos del proyecto.
- “UnityEngine.SceneManagement”: Permite administrar y organizar las diferentes escenas (lugares donde se ubican los elementos) que existen dentro de una misma aplicación.

- “UnityEngine.Video”: Dedicada a la reproducción de vídeos dentro de los proyectos, permite cargar y reproducirlos en diferentes formatos, ofreciendo métodos para controlar el estado del vídeo.
- “TMPro”: También conocido como “TextMeshPro”, es una librería de texto avanzada que otorga funcionalidades mejoradas en comparación con el sistema de texto estándar de Unity, empleado para la creación de interfaces de usuario y textos visuales.
- System.Collections: Ofrece diversas estructuras de datos y clases para manejar de manera eficiente colecciones de objetos (listas, diccionarios...) y conjuntos de elementos.
- DG.Tweening: Herramienta externa a Unity que simplifica la creación y manipulación de animaciones mediante código para los elementos del proyecto. Esta librería, además, maneja de manera eficiente las animaciones, permitiendo así un mejor rendimiento de la aplicación [32].

4. Desarrollo del proyecto

4.1 Inicio y configuración de proyecto

Para este trabajo se ha iniciado un proyecto en Unity con la versión del editor “2023.2.11f1” en una plantilla 3D (Built-In Render Pipeline), versión 5.0.4, con categoría Core, la cual contiene la plataforma en la que se va a renderizar el proyecto, “Android”.

Una vez abierto por primera vez el proyecto, se harán las configuraciones necesarias para su correcto funcionamiento [33].

Primeramente, en el apartado “Build Settings” se cambiará a la plataforma correspondiente para su futura renderización, y se seleccionará en “Run Device” el dispositivo que conectemos para visualizarlo, en nuestro caso, las “Meta Quest 3”.

Seguidamente, en “Window” y accediendo a “Package Manager” se instalarán los paquetes “Meta XR All-in-One SDK”, “DOTween (HOTween v2)” y “Meta XR Interaction SDK OVR Integration” para poder emplear todas las herramientas y paquetes que el proyecto requiere [34].

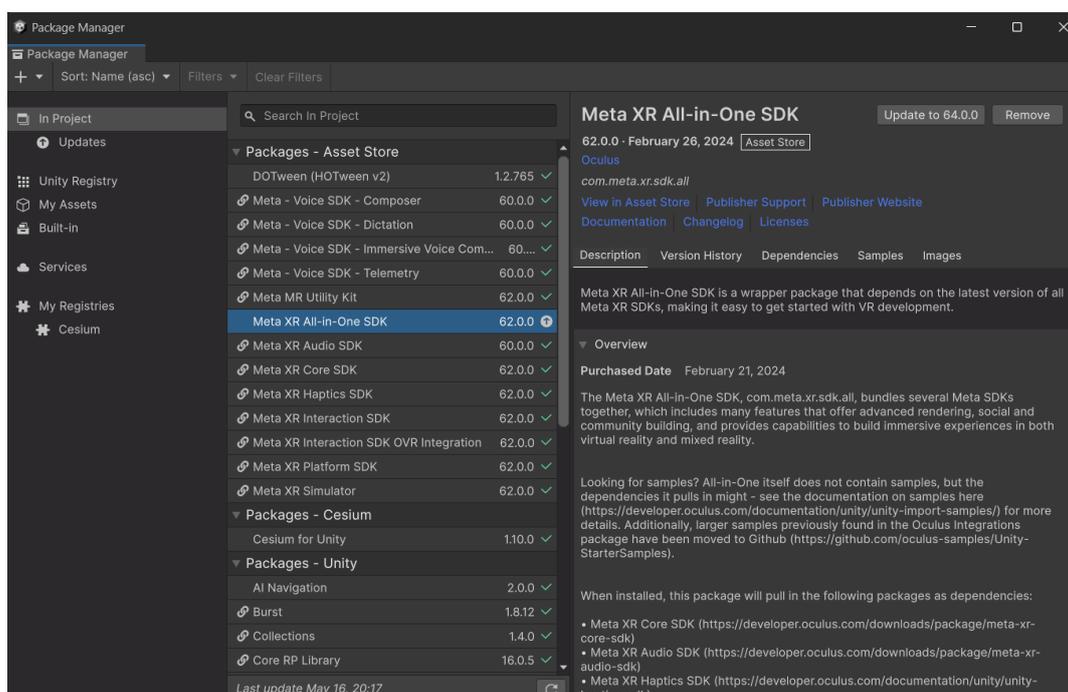


Figura 17. Package Manager de Unity.

Ya todo establecido, se abrirá “Project Setting” y en la sección “Meta XR” se aplicarán todos los “ítems” que se han instalado, tanto para PC como para “Android”, en la sección “Quality” se seleccionará la casilla de mayor nivel de “Android”, en “XR Plug-in Management” se marcará la casilla “Oculus” para ambas plataformas, y, por último, el “Target Device” para el proyecto, se elegirá tanto “Quest 2” como “Quest 3”.

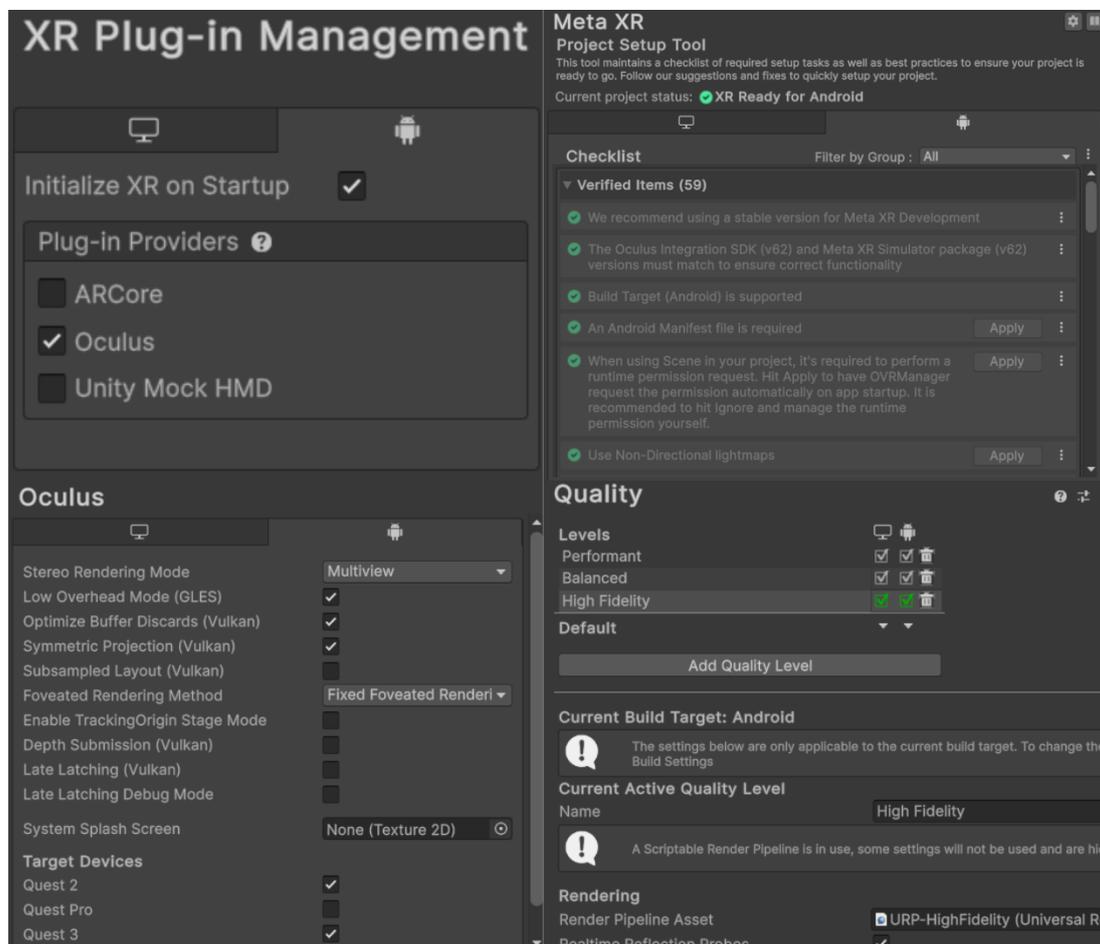


Figura 18. Configuración del apartado “Project Settings” de Unity.

4.2 Configuración de las gafas y controladores en Unity

Una vez configurado todo el proyecto, el primer desarrollo será incluir todas las modificaciones para poder vincular las gafas de realidad virtual y los controladores al trabajo.

Para ello se hará uso de las herramientas que Meta incluye para “Unity”, los llamados “Building Blocks”, los cuales facilitan la configuración del trabajo para este apartado. Estos permiten acceder a elementos de uso común para los proyectos [35].

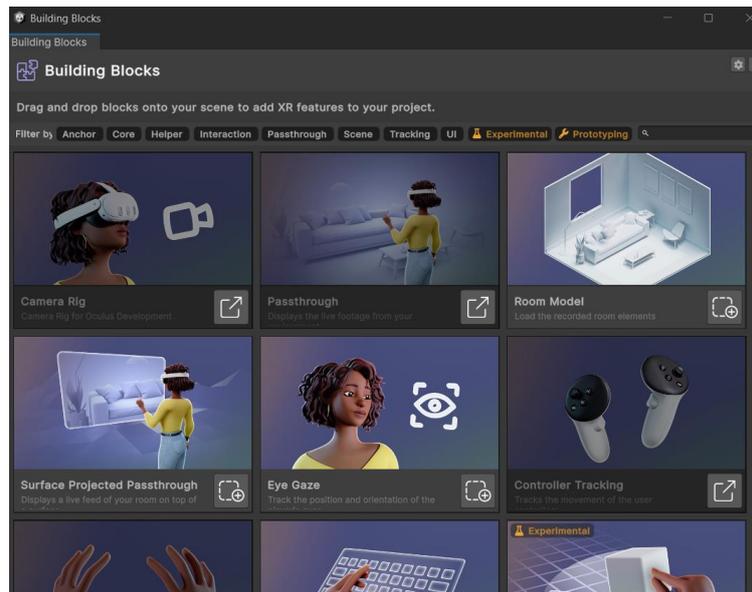


Figura 19. Building Block en Unity.

Los “Building Blocks” empleados son los siguientes:

- “Camera Rig”: Sirve para vincular la cámara del proyecto a la del dispositivo. Dentro de su configuración, en el apartado “OVR Manager (Script)”, marcaremos la opción de “Quest 2” y “Quest 3” para su uso.
- “Passthrough”: Permite mostrar las imágenes del entorno real en la escena.
- “Controller Tracking”: Hace un seguimiento de los controladores que se usan. Cada controlador tiene su propia configuración, por lo que se le asignan scripts que permiten su futuro uso. En primer lugar, a cada controlador se le añade por separado un “ControllerRayInteractor” el cual permite proyectar un rayo desde el controlador para indicar a qué lugar estamos apuntando. A esta función se le asigna el “GameObject” respectivo de cada controlador. Cada “GameObject” de los controladores (“LeftHandAnchor” y “RightHandAnchor”) contienen a su vez el script “FromOVRControllerDataSource”, donde se le aplica una referencia a “OVRInteractionComprehensive” que contiene la cámara principal del proyecto (“Camera Rig”) y el script “TrackingToWorldTransformerOVR”.
- “Hand Tracking”: Hace seguimiento de las manos del usuario. (El proyecto está creado principalmente para el uso de controladores, por lo que esta opción sería una implementación adicional que aportaría una variante para manejar la aplicación.)
- “Virtual Hands”: Añade detalles visuales a las manos.

4.3 Creación de funciones

Las funciones en el desarrollo ofrecen al usuario experiencias audiovisuales e interactivas con el entorno. Permiten tener el control de los elementos para sentir una conexión entre la aplicación y el usuario.

Todas las funciones están aplicadas a ambos controladores, permitiendo así el uso de estos de forma independiente. Esta fue una decisión que se tomó tras barajar varias opciones a la hora de establecer unos controles para el usuario. Algunas posibles soluciones frente al manejo de la aplicación fueron el tener que utilizar ambos controladores con funciones diferentes en cada uno y así poder distribuir los controles, y el uso de manos sintéticas, ya que “Unity” y Meta Quest 3 permiten tanto el seguimiento de controladores como de manos.

Sin embargo, tras un análisis de cómo el usuario podría conectar mejor con la aplicación y los controles, se optó por poder utilizar solo un mando para manejar la aplicación. De esta forma, se reduce la dificultad de control y permite un aprendizaje más rápido, lo cual favorece a personas no habituadas en el mundo de la realidad mixta y simplifica la interfaz de usuario, reduciendo así el riesgo de cometer un error a la hora de interactuar con los elementos.

Al estar todas las acciones disponibles en un solo controlador, se convierte en una forma accesible para personas con limitaciones de movilidad o discapacidades físicas.

Por otro lado, el uso de dos mandos o dos manos puede aumentar la complejidad del manejo de la aplicación, por lo que el usuario requeriría más tiempo y habilidad para acostumbrarse a controlar las acciones. Al tener que coordinar ambos mandos o manos de forma simultánea, puede llegar a resultar menos intuitivo y agotador, limitando así también la accesibilidad para un público más amplio.

El primer script creado fue “Controlador”, el cual permite al usuario manipular un objeto con los controladores, en este caso, rotar, escalar y desplazar.

Permitir al usuario rotar, escalar y desplazar objetos en la aplicación proporciona una experiencia inmersiva y personalizada. La rotación permite al usuario examinar un objeto desde

cualquier ángulo, mejorando la comprensión y apreciación de sus detalles. La función de escala ofrece la flexibilidad de ver el objeto en diferentes tamaños, facilitando una inspección detallada o una vista general. El desplazamiento, por su parte, permite al usuario situar el objeto en cualquier lugar de su entorno real, integrándose de manera natural y cómoda en el espacio físico, lo que aumenta la interactividad y la conexión con la aplicación. Primeramente, se accede a los botones que se quieren asignar las funciones.

- Rotación:

Además de poder moverse libremente por el espacio, gracias a la rotación el usuario puede, estando estático, tener una vista completa del objeto desde cualquier ángulo y perspectiva.

Para rotar un objeto el código adquiere los valores de rotación del “joystick” dependiendo de su rotación, y se aplican a los ejes de rotación del objeto asignado con una velocidad establecida. También se ha invertido el valor del movimiento para que responda correctamente al giro que ejecute el usuario.

Esta función permite al objeto rotar en un solo eje, por lo que solo se accede a esta si los valores adquiridos del “joystick” están en un determinado rango para evitar ejecutar otras modificaciones.

- Escala:

Escalar el objeto hace que el usuario pueda verlo de múltiples tamaños para apreciar todos los detalles de la forma que más le agrade.

Para ello, se obtiene, al igual que en la rotación, los valores de inclinación del “joystick”. Para aplicar esta función se modifica el vector de escala del objeto dados los nuevos valores.

En este caso, se ha establecido un mínimo y un máximo de valores de escala para impedir que el objeto se reduzca o aumente de tamaño de forma infinita.

De la misma forma que en la rotación, sólo se puede acceder a esta función si se mueve el “joystick” entre un rango de valores determinado para que se ejecute en un solo eje de movimiento.

- Desplazamiento:

Poder desplazar el objeto permite al usuario transportarlo a cualquier parte de su entorno real, pudiendo acomodarse en todas partes y formas.

Para realizarlo, se coordina la posición del controlador con el objeto mientras se mantiene un botón de este. Cuando se agarra el objeto, se establece un punto de referencia desde el controlador empleado, calculando la distancia entre este y el objeto para mantener su posición relativa. En el momento en el que se suelta el objeto, queda liberado de la restricción de movimiento. Mientras se esté agarrando, la posición del objeto se está actualizando constantemente en relación con la distancia inicial calculada.

```
55 // Valores Escala
56 Vector2 movimientoJoystickP = OVRInput.Get(OVRInput.Axis2D.PrimaryThumbstick);
57 float movimientoVerticalP = movimientoJoystickP.y;
58 float cambioEscalaP = movimientoVerticalP * Time.deltaTime;
59 Vector3 nuevaEscalaP = transform.localScale + new Vector3(cambioEscalaP, cambioEscalaP, cambioEscalaP);
60 nuevaEscalaP.x = Mathf.Clamp(nuevaEscalaP.x, escalaMinima, escalaMaxima);
61 nuevaEscalaP.y = Mathf.Clamp(nuevaEscalaP.y, escalaMinima, escalaMaxima);
62 nuevaEscalaP.z = Mathf.Clamp(nuevaEscalaP.z, escalaMinima, escalaMaxima);
63
64 // Valores Rotación
65 Vector2 movimientoJoystick2P = OVRInput.Get(OVRInput.Axis2D.PrimaryThumbstick);
66 float movimientoHorizontalP = movimientoJoystick2P.x;
67 movimientoHorizontalP *= -1;
68 float rotacionP = movimientoHorizontalP * velocidadRotacion * Time.deltaTime;
69
70 // Ejecutar Escala
71 if (movimientoHorizontalP <= 0.5f && movimientoHorizontalP >= -0.5f)
72 {
73     transform.localScale = nuevaEscalaP;
74 }
75
76 // Ejecutar Rotación
77 if (movimientoVerticalP <= 0.5f && movimientoVerticalP >= -0.5f)
78 {
79     transform.Rotate(0, rotacionP, 0);
80 }
```

Figura 20. Código sobre las extracciones de datos.

```
133 private void AgarrarObjeto()
134 {
135     controladorIzquierdo = new GameObject("ControladorIzquierdo").transform;
136     controladorIzquierdo.position = OVRInput.GetLocalControllerPosition(OVRInput.Controller.LTouch);
137     distanciaDesdeControlador = transform.position - controladorIzquierdo.position;
138     objetoAgarradoI = true;
139     objetoAgarradoD = false;
140     Destroy(controladorIzquierdo.gameObject);
141 }
142
143 1 referencia
144 private void SoltarObjeto()
145 {
146     transform.SetParent(null);
147     objetoAgarradoI = false;
148 }
149 1 referencia
150 private void MoverObjetoConControlador()
151 {
152     Vector3 nuevaPosicion = OVRInput.GetLocalControllerPosition(OVRInput.Controller.LTouch) + distanciaDesdeControlador;
153     transform.position = nuevaPosicion;
154 }
```

Figura 21. Código de funciones para el movimiento.

El segundo script fue “Interactor”, donde reside la mayoría del código del proyecto.

- Transiciones de FADE IN/OUT para las escenas:

Esta función se ha generado para aplicar una transición visual entre escenas, para que no haya un cambio brusco entre una y otra.

En primer lugar, se ha creado una “corrutina” [36]. El proceso se trata de hacer desaparecer gradualmente un panel en negro que cubre toda la visión del usuario, para comenzar a mostrar o abandonar una escena con el llamado efecto “fade in” si se accede o “fade out” se sale de una.

La función de la “corrutina” es activar la animación que revela u oculta dicho panel al cambiar de escena. Previamente al cambio de escena, irá apareciendo el panel con una transición de tiempo, y cuando esta se complete, se ejecutará el cambio. También, antes de visualizar la nueva escena, desaparecerá el panel poco a poco.

- Ubicación de objeto:

Cada vez que se cambia de escena, el objeto al que se hace referencia en la escena principal se ubica de nuevo como la primera vez que se ejecutó el proyecto. De esta forma, el usuario cuando se encuentre en la escena principal tendrá a la vista en todo momento el objeto. Por ello, para tenerlo ubicado constantemente, se han creado unas líneas de código para guardar los últimos valores de posición, rotación y escala del objeto para que, al volver a cargar dicha escena, el objeto se ubique en ese mismo estado como se había dejado.

- Interacciones con objetos

El usuario tendrá la capacidad de interactuar con los objetos para poder acceder a toda la información disponible y avanzar con la experiencia de la aplicación.

Para poder interactuar directamente con el proyecto, los objetos necesitan ser detectados por los controladores, por lo que se necesita crear un “GameObject” con diversos componentes:

- “Box Collider” (“is Trigger”): Define la forma del objeto para que pueda ser detectado y se permitan interacciones físicas.

- “Ray Interactable”: Permite que el objeto sea detectado por el rayo que transmite el controlador. Este componente contiene otra que hace referencia al script “Collider Surface” del “Building Block”, el cual contiene a su vez el “Box Collider” del objeto.
- “Interactable Unity Event Wrapper”: Este componente permite añadir las funciones que se generan dependiendo del evento que se ocasione con el controlador en el objeto; When Hover(), When Unhover(), When Select(), entre otros.

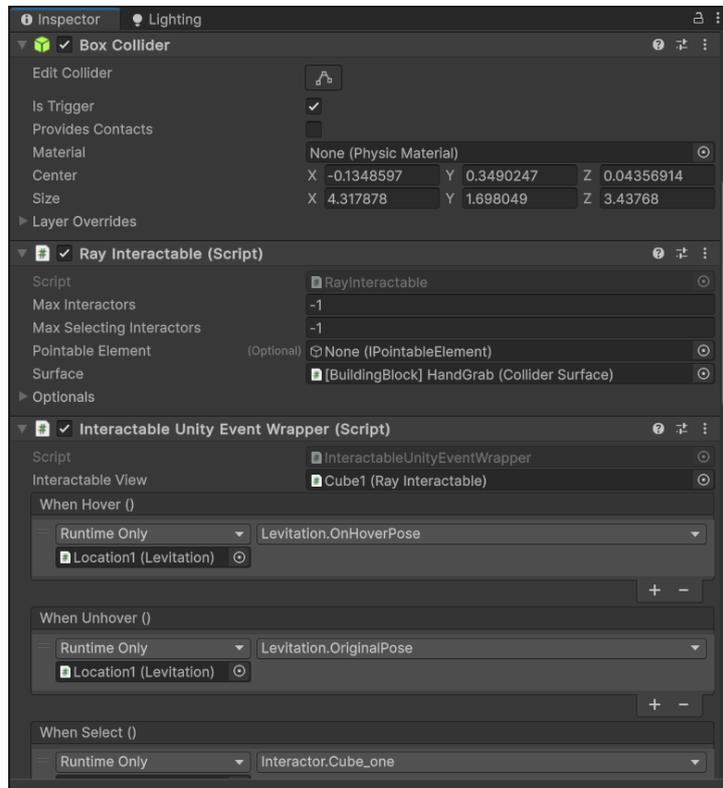


Figura 22. Componentes de un GameObject.

Las funciones que permiten hacer las interacciones con los objetos que simularán ser las ubicaciones del mapa, se activan cuando el usuario selecciona dicho objeto con el controlador. Una vez seleccionado por primera vez el objeto, hará emerger otros objetos asociados a cada uno. Cuando se selecciona seguidamente el mismo objeto, los objetos desaparecerán, o si se selecciona otro diferente, aparecerán otros objetos. Esto está controlado mediante “booleanos” que indican que cuando una función está activada, el resto no lo están.

Una vez creadas las funciones, se aplicarán a cada conjunto de eventos de cada objeto. Este proceso consiste en asociar el script donde se ubican las funciones en el evento correspondiente y seleccionar la función que se quiere utilizar.

```

214     public void Cube_one()
215     {
216         InmurseObject.transform.localScale = new Vector3(0.1f, 0.2f, 50f);
217         if (apparencel == false)
218         {
219             audioSourceCube.Play();
220             sphere1.SetActive(true);
221
222             sphere2.SetActive(false);
223             sphere3.SetActive(false);
224             sphere4.SetActive(false);
225
226             apparencel = true;
227
228             apparence2 = false;
229             apparence3 = false;
230             apparence4 = false;
231
232             _cameravisible = true;
233
234
235
236
237             // VIDEO_1
238             videoPlayer.clip = videoClip1;
239             VideoContainer.SetActive(true);
240             VideoContainer.transform.DOScale(new Vector3(1f, 1f, 1f), 0.2f);
241
242             InmurseObject.GetComponent<Renderer>().material = materialCubeOne;
243
244         }
245         else
246         {
247             sphere1.SetActive(false);
248             apparencel = false;
249             VideoContainer.transform.DOScale(new Vector3(0.1f, 0.1f, 0.1f), 0.2f)
250                 .OnComplete(() => VideoContainer.SetActive(false));
251             _cameravisible = false;
252         }
253     }

```

Figura 23. Código sobre la interacción con objetos.

4.4 Preparación para el contenido audiovisual

Para ofrecer una experiencia más didáctica, se incorporan al proyecto unos vídeos los cuales hablarán del lugar que se quiera conocer o visitar.

Para mostrar el contenido audiovisual en la pantalla, se ha creado un “GameObject” al cual se le ha añadido el componente “Video player”. Este permite reproducir y controlar los vídeos desde el editor y por código. También se le ha aplicado un material “UnlitTexture” con una textura en negro, lo que hace que el objeto esté oscuro antes de que se reproduzca el vídeo, simulando una pantalla apagada (un material normal con textura en negro no permitiría mostrar los vídeos).

Se han importado videos (uno para cada interacción) en los “assets” del proyecto y, accediendo a unas variables creadas en el código, se reproduce un vídeo u otro dependiendo de la función que se active a la hora de seleccionar un objeto.

Los videos de ejemplo se han extraído de la plataforma de “Youtube” [37].

La pantalla es controlada mediante dos “GameObjects” que actúan como “Play”, para ejecutar el vídeo, y como “Stop”, para cerrarlo.

En cuanto a las funciones que se asignan a estos, si el usuario pasa por encima del objeto (When Hover()) con el rayo controlador, el objeto cambiará de color para indicar que se está apuntando. Si se selecciona “Play” se activará la función que hará que el vídeo comience a reproducirse. Si se selecciona “Stop”, desaparecerán los objetos y ya no se visualizará el contenido.

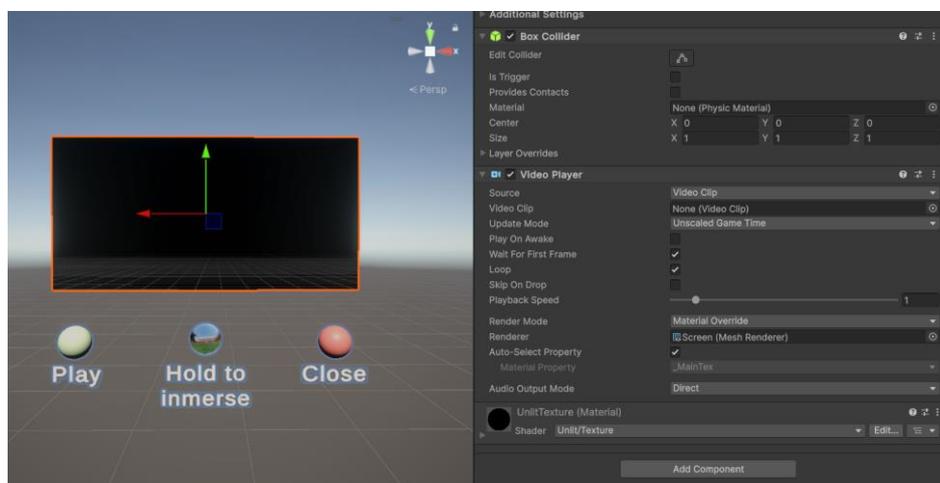


Figura 24. Pantalla del proyecto y su componente.

Existe otro “GameObject” el cual lleva al usuario a otras escenas donde se visualiza contenido en 360 grados. El material de este “GameObject” varía también dependiendo de la selección del objeto.

En este caso, no se podrá seleccionar el objeto, sino que el usuario tendrá que mantener el rayo apuntando a este un tiempo establecido para que se ejecute una función.

Mientras el usuario esté apuntando al objeto, este se hará cada vez más grande hasta que se cumpla el tiempo fijado. Si se completa el tiempo de apuntado, se activará la “corrutina” de cambio de escena y se dirigirá a la escena correspondiente del objeto seleccionado. Sin

embargo, si el usuario deja de apuntar antes de finalizar el tiempo, el objeto volverá a su estado original y se reiniciará el tiempo.

4.5 Escenas con videos 360°

En este proyecto, el usuario podrá visualizar vídeos en 360 grados para vivir una experiencia inmersiva y de esta forma, tener otro punto de vista del lugar que está interesado en visitar.

Cuando quiera acceder a un lugar concreto, desde la escena principal se le redirigirá a una escena diferente dependiendo del objeto seleccionado (existe una escena por cada vídeo). Las escenas consisten en un vídeo en 360 grados y no se interactúa con nada, se podrá volver a la escena principal mediante los controladores.

Todas las escenas secundarias contienen los mismos elementos, pero con un vídeo diferente en cada una.

Al igual que en la escena principal, se aplica la misma configuración de cámara y controladores, excepto la exclusión del “building block” “passthrough” que no se empleará.

Al perder de vista el entorno real, se ha aplicado a estas escenas un material con un “shader” “skybox/panoramic” con un “render texture” asignado.

Para poder mostrar los vídeos, se ha creado un “GameObject” con el componente de “videoplayer” y con el “target texture” de la textura mencionada anteriormente. Cada escena secundaria tiene un “videoplayer” con un vídeo diferente asignado en “video clip”, de esta forma cuando se acceda a cada escena se reproducirá el vídeo atribuido.



Figura 25. Ejemplo de escena inmersiva.

El usuario en todo momento podrá regresar a la escena principal manteniendo pulsado uno de los botones de los controladores. Para ello se ha creado un script con esa función.

El código accede a los botones de los controladores y, al igual que sucede con el objeto para cambiar de escena, si el usuario mantiene uno de los botones presionado durante un tiempo establecido, comenzará la “corrutina” de oscurecimiento y volverá a la escena principal. Sin embargo, si se suelta el botón durante ese periodo de tiempo, este se reiniciará y el usuario se mantendrá en la escena actual.

Los vídeos que se han utilizado de ejemplo se han extraído de la página web de Vimeo [38].

4.6 Diseño de la interfaz de usuario

Además de todos los objetos que aparecen en las escenas, se han diseñado unos textos para que el usuario tenga indicaciones descriptivas de lo que está observando o de cómo tiene que actuar ante una interacción.

Primeramente, aparecen unos textos justo en lo alto de los objetos para etiquetarlos con los que se puede interactuar y saber a qué se va a acceder.

También cuando se despliega la pantalla al seleccionar los objetos, se vuelve a mostrar el mismo texto del objeto y debajo se muestra cuál es la función que tiene cada elemento.

Dentro de las escenas secundarias se muestra un texto fijo mientras se reproduce el vídeo inmersivo, indicando la opción que tiene el usuario para regresar a la escena principal.



Figura 26. Texto en las escenas inmersivas.

También se han implementado unos textos que se han incorporado a los controladores a modo de “tutorial” para que el usuario sepa en todo momento de qué forma puede interactuar en el entorno de la aplicación. Se han creado unas líneas mediante “Unity” a modo de indicador para asociar el texto con el botón correspondiente.

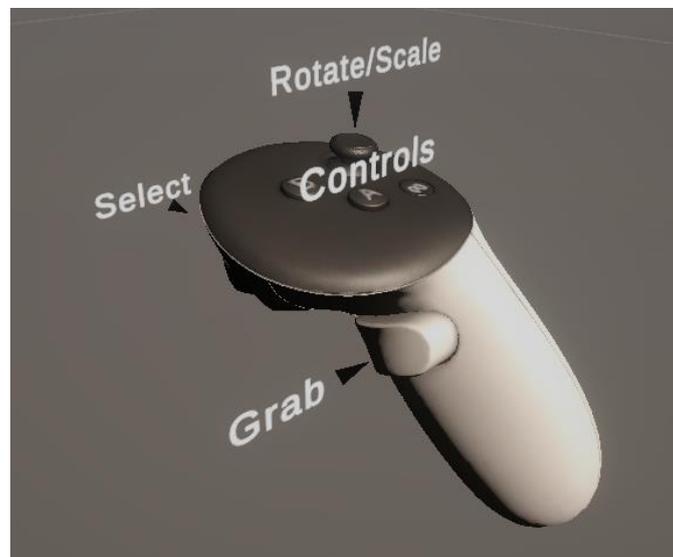


Figura 27. Controlador con las indicaciones.

Para este llamado tutorial se ha creado una función para su visualización.

Hay un botón en cada controlador que sirve para mostrar el resto de los textos que indican los controles. El texto de este botón tiene una visibilidad dependiendo de la distancia entre el controlador y la cámara del usuario. Mediante código, se ha conseguido con unos cálculos que se considere la distancia entre el controlador y la cámara, y varíe el “alpha” del texto (nivel de transparencia de un objeto, siendo 0 completamente transparente, y 1 completamente opaco) según el resultado. Si se acerca se observará el texto, y conforme se vaya alejando, el texto se irá desvaneciendo.

Para que estos textos tengan una buena presentación al usuario, se ha creado un script con la intención de que todos los textos estén constantemente apuntando a los ojos del usuario, es decir, se han fijado apuntando a la dirección a la cámara. Esto se ha podido realizar mediante el cálculo de la posición entre la cámara y los textos, y la rotación de ambos.

Este mismo método se ha aplicado de igual forma a la pantalla de vídeos, para que el usuario pueda tener siempre una vista de frente de esta, independientemente de su posición.

4.7 Animación de objetos

Las animaciones generadas ofrecen a la aplicación sensación de dinamismo y una mayor interactividad, mejorando la experiencia del usuario y la eficiencia en el desarrollo. Sin este tipo de incorporaciones, el usuario podría perder la atención y no utilizar la aplicación de forma fluida.

Para realizar las animaciones de los objetos y textos se ha empleado la librería “DG.Tweening”. Estas animaciones se han podido realizar por código mediante la librería mencionada.

Se decidió emplear esta librería en lugar de otras propuestas nativas de “Unity”, ya que ofrece una “API” (conjunto de reglas y protocolos que sirven para que diferentes servicios y aplicaciones se puedan comunicar entre sí y puedan utilizar funciones y datos de otras de forma estandarizada), la cual es simple y flexible y permite la creación de animaciones más complejas con un código menor y más legibilidad. Esto favorece la implementación y actualización de las animaciones, ahorrando así más tiempo y reduciendo el caso de errores.

Además, “DG.Tweening” es altamente optimizado y eficiente en términos de rendimiento, lo cual es efectivo para aplicaciones que requieren animaciones fluidas y responsivas. Aunque Unity proporciona herramientas como el “Animator” y “Animation”, estas pueden ser más complejas y menos intuitivas para animaciones simples. “DG.Tweening” también integra características adicionales como secuencias y “callbacks”, que enriquecen las animaciones sin necesidad de escribir código extenso.

Dentro de la gran variedad de animaciones se han usado:

- “DOScale”: Para variar la escala del objeto
- “DOColor”: Para cambiar el material
- “DOLocalMoveY”: Para desplazar el objeto en el eje y
- “DORotate”: Para rotar el objeto

También, para controlar estas animaciones por código, se establece un estado de estas para ponerlas en marcha o pausarlas, mediante Play() o Pause().

Para tener una mejor indicación de los objetos, además de tener el texto encima, se han añadido unos marcadores que señalan la zona con la que poder interactuar. Estos marcadores están en constante movimiento y varía su forma y color gracias a las animaciones.

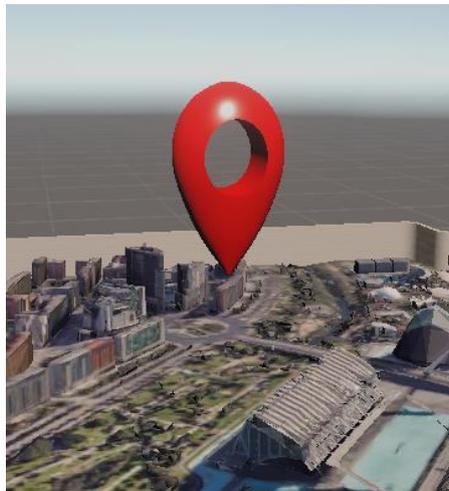


Figura 28. Indicador del mapa.

Las animaciones se han agrupado en funciones dependiendo de la interacción que tengamos con el objeto.

A cada marcador se le ha asignado el script y dentro de cada “Interactable Unity Event Wrapper” se le ha asignado la función correspondiente.

Al iniciar la aplicación, el marcador originalmente está desplazándose constantemente en el eje vertical y rotando con una velocidad indicada. Son animaciones que se guardan en variables para, en las siguientes funciones poder activarlas o pausarlas.

Si el usuario apunta al objeto interactuable, se pausarán las animaciones originales del marcador correspondiente, y este se escalará hasta unas medidas indicadas y se mantendrá estático en una posición fija. Los textos que se ubican encima de cada objeto y marcador se escalarán de la misma forma que los marcadores. En el caso de que el usuario decida

seleccionar ese objeto apuntado, el objeto crecerá un poco más y rotará un número de vueltas para dar “feedback” de la interacción.

En el momento en el que se deje de apuntar al objeto, se reiniciarán las animaciones originales y las escalas del marcador y textos volverán a ser como eran en un principio.

También, se ha aplicado una animación a la hora de desplegar y ocultar la pantalla que contiene los vídeos con los botones. Cuando han de aparecer los componentes, estos escalarán al tamaño diseñado con una transición, haciendo un efecto “pop-up”. Para ocultarlos, se harán pequeños mediante la animación hasta desaparecer.

```
// Animaciones sin apuntar a objetivo
0 referencias
public void OriginalPose()
{
    text1_originalText.transform.DOScale(new Vector3(0.0003f, 0.0003f, 0.0003f), 0.2f);
    transform.DOScale(originalScale, 0.2f);

    levitationTween.Play();
    rotationTween.Play();
    rend.material.DOColor(Color.red, 0.2f);
}

// Animaciones apuntando a objetivo
0 referencias
public void OnHoverPose()
{
    text1_originalText.transform.DOScale(new Vector3(0.07f, 0.07f, 0.07f), 0.2f);
    transform.DOScale(originalScale * hoverScaleMultiplier, 0.2f);
    transform.DOLocalMove(originalPosition, 0.2f);

    levitationTween.Pause();
    rotationTween.Pause();
    rend.material.DOColor(Color.white, 0.2f);
}

// Animaciones al seleccionar objetivo
0 referencias
public void SelectedPose()
{
    levitationTween.Pause();
    rotationTween.Pause();
    transform.DOScale(originalScale * hoverScaleMultiplier, 0.2f);

    transform.DORotate(new Vector3(0, 0, 720), 1.0f / 1.5f, RotateMode.LocalAxisAdd)
        .SetLoops(1).SetEase(Ease.Linear);
}
```

Figura 29. Código sobre las animaciones de los marcadores.

4.8 Sonido del proyecto

Los efectos de sonido que se escuchan durante el uso de la aplicación ofrecen al usuario una respuesta auditiva que genera la comprobación del uso de las interacciones.

Para generar un sonido, se necesita añadir el componente “Audio Source” a un “Gameobject”.

Estos son los audios escuchados en el proyecto:

- Al seleccionar una ubicación
- Al iniciar la reproducción de un vídeo en la pantalla
- Cuando el usuario cierra la pantalla
- En el momento que se está ejecutando el proceso de inmersión, se escucha un sonido de “carga” indicando que se está realizando la función, dando una indicación al usuario del comienzo y del final. El audio tiene la misma duración que el tiempo de carga de la inmersión.

Los efectos de sonido implementados en el proyecto están descargados de la página web “Envato Elements” [39].

4.9 Proceso de Creación de la Maqueta 3D de Valencia

En este apartado se indican los pasos que se siguieron para crear la maqueta 3D de Valencia utilizando herramientas específicas. Este ha sido el procedimiento completo:

- Instalación de las herramientas:

El primer paso fue instalar y configurar las herramientas necesarias para capturar y procesar la información geográfica y de texturas. Se comenzó con “RenderDoc v1.17” [40], una herramienta esencial para la captura de fotogramas en 3D. Esta aplicación se descargó desde su sitio oficial y se instaló en el sistema. Luego, se descargó e instaló “MapsModelsImport v0.4.0” desde su página en “GitHub” [41]. Esta herramienta permite importar los modelos 3D capturados desde “Google Maps”. Finalmente, se instaló “Blender 2.93” [42], la aplicación para el modelado 3D.

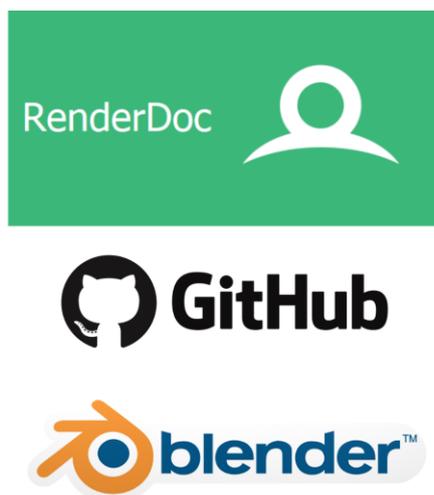


Figura 30. Herramientas empleadas para la creación de la maqueta 3D.

- Configuración de “Google Chrome”:

Para facilitar la captura de los modelos desde “Google Maps”, se creó un acceso directo (shortcut) de “Google Chrome” en el escritorio. Se copió el código generado en “GitHub” y se pegó en las propiedades de este acceso directo. Esto permitió una configuración específica que es necesaria para la interacción con “RenderDoc”.

- Configuración de “RenderDoc”:

Se abrió “RenderDoc” y, en su configuración, se habilitó la opción "Enable process injections". Esta configuración es crucial para permitir que “RenderDoc” pueda interceptar y capturar los datos necesarios. Luego, se utilizó el acceso directo de “Chrome” para abrir la aplicación y se guardó el pin necesario para la configuración.

En “RenderDoc”, se fue a "File" y se abrió el apartado correspondiente para configuración adicional. Aquí, se colocó el pin en el filtro y se abrió. Esto preparó el entorno para la captura de los datos de Google Maps.

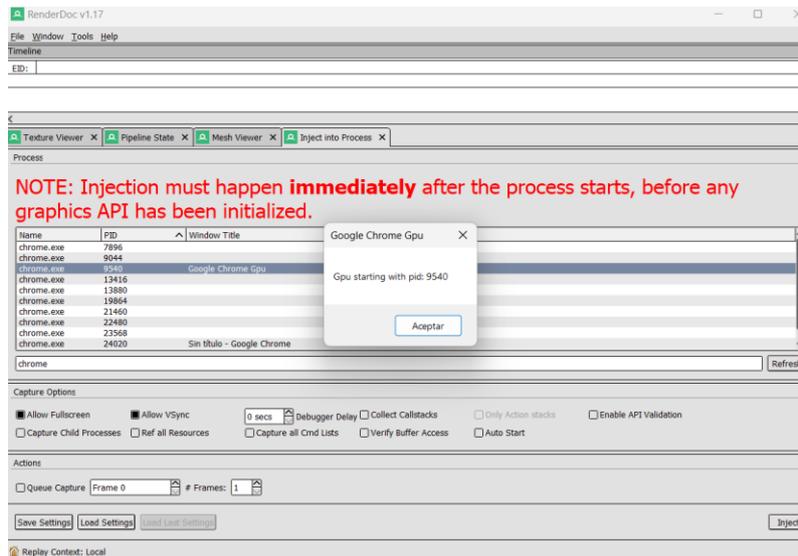


Figura 31. Proceso de captura en RenderDoc.

- Captura de datos:

Con todo configurado, se navegó a “Google Maps“ utilizando el acceso directo de “Chrome“. Se seleccionó la zona específica de Valencia que se deseaba capturar y se generaron las texturas adecuadamente para asegurar la calidad de los modelos 3D. Una vez listas las texturas, se volvió a “RenderDoc“ y se seleccionó la opción "Capture Frame Immediately". Luego, se regresó a “Google Maps“ para finalizar la captura.

- Guardado de captura:

Después de capturar el fotograma, se hizo doble clic en la imagen en “RenderDoc“ para cargarla. Posteriormente, se fue a "File" y se seleccionó "Save Capture As", guardando el archivo en una carpeta específica con la extensión “.rdc“. Este archivo contiene todos los datos necesarios para recrear el modelo 3D en “Blender“.



Figura 32. Captura de pantalla en Google Maps mediante RenderDoc.

- Importación a “Blender”:

Con el archivo .rdc guardado, se abrió “Blender” y se navegó a "Edit", luego "Preferences". En la sección de "Add-ons", se instaló “MapsModelsImport”. Esto permitió que “Blender” pudiera importar directamente los modelos 3D capturados desde “Google Maps”. Finalmente, se fue a "File", luego "Import", y se seleccionó "Google Maps Capture". Se eligió el archivo .rdc previamente guardado y se importó en “Blender”.

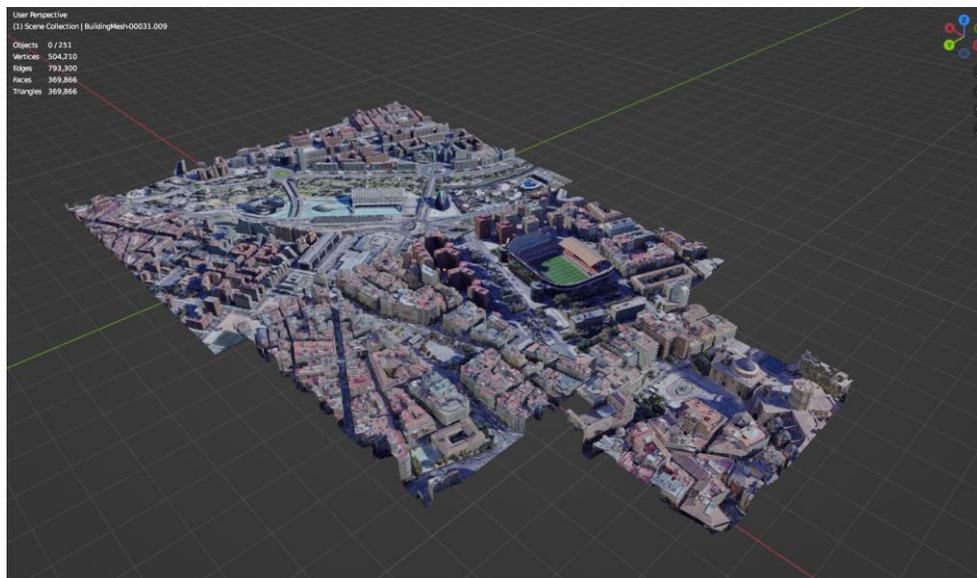


Figura 33. Mapa 3D en Blender.

- Exportación a “Unity”:

Para exportar el modelo 3D a Unity, primero se exportó el modelo en formato “FBX”, asegurándose de incluir todas las transformaciones, texturas y materiales. Luego, se importó el archivo “FBX” en “Unity”, verificando que todos los elementos se mantuvieron correctamente. El modelo se ajustó y posicionó en la escena de “Unity”, configurando las propiedades de los materiales y texturas para asegurar una visualización óptima en el entorno de realidad mixta con las gafas Meta Quest 3.

Tras un razonamiento, se optó por emplear estas tres herramientas para crear la maqueta 3D en lugar de modelar desde cero con “Blender” o “Unity”. De esta forma, se aprovecha la gran precisión y detalle que muestran los datos de mapas ya existentes y ahorra una gran cantidad de tiempo y esfuerzo comparándolo con la creación manual de la maqueta partiendo de cero, ya que un modelado y una texturización de la ciudad requeriría una gran cantidad de trabajo detallado y podría darse el caso de no alcanzar el nivel de realismo que se buscaba.

Por otro lado, haber usado este proceso, ha permitido centrarse más en la funcionalidad e interacción de la aplicación en lugar de la creación de modelos 3D, optimizando sí el uso de recursos y tiempo disponibles.

4.10 Creación e integración de contenido audiovisual

En este último apartado del desarrollo se va a explicar cómo se han creado los vídeos que se ven en la pantalla del proyecto y en las escenas de inmersión.

Hasta llegar a esta fase del trabajo, el contenido audiovisual que se estaba mostrando, eran unos vídeos que servían de ejemplo para comprobar que las funciones que se estaban implementando se ejecutaban correctamente. Ya realizadas todas las pruebas, se sustituye dicho contenido por uno que es coherente con el tema de la aplicación y que aporte al usuario la información correspondiente.

4.10.1 Vídeos en pantalla

Para generar los vídeos que se muestran por la pantalla, se ha empleado el programa Adobe Premiere Pro.

La parte visual de los vídeos se trata de imágenes y vídeos de las localizaciones indicadas en el proyecto, mostrando desde diferentes puntos de vista la zona, estructura y alrededores de

estas. Para ello se ha descargado dicho contenido y se ha importado al programa, de manera que formen un único vídeo entre todo.

En cuanto a la parte auditiva del vídeo, se han grabado, mediante la grabadora del ordenador, unos audios que incluyen una explicación general de la localización que se está observando. Además de una voz en off que habla del lugar, se ha incorporado música de fondo para acompañar el vídeo y hacerlo más agradable.

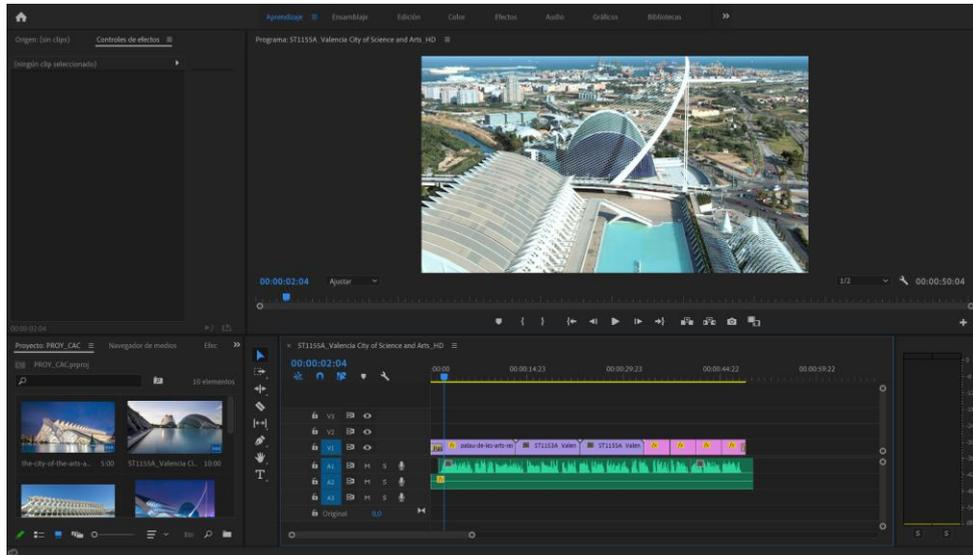


Figura 34. Edición en Adobe Premiere Pro de un vídeo de la pantalla.

4.10.2 Vídeos en escenas de inmersión

Tras una investigación online sobre vídeos en 360 grados de los lugares que se quieren mostrar, no se encontró resultado de ninguno de estos o que estuvieran disponibles para su uso. Por ello, gracias a la cámara Nikon KeyMission 360, se grabaron los vídeos personalmente en las ubicaciones de Valencia.

Se tuvo que hacer un desplazamiento a cada zona de Valencia para poder grabar los vídeos. Posicionando la cámara con un trípode en el centro de las localizaciones o en zonas donde se mostraba parte relevante del lugar, se grabaron varios vídeos para después poder seleccionar la mejor opción.



Figura 35. Grabación con Nikon KeyMission 360 en Valencia.

Una vez obtenidos todos los vídeos, estos quedan almacenados en la propia cámara, en una tarjeta microSD que se introdujo. Ya que la cámara no permitía transferir los vídeos directamente al ordenador, se tuvo que emplear la aplicación KeyMission 360/170 Utility para hacer posible el traspaso.

Ya con los vídeos guardados en el ordenador, estos también pasaron por un proceso de edición, el cual consistió en recortar la duración y bajar el volumen. Se ha decidido mantener el audio original del vídeo, ya que ofrece una experiencia más realista e inmersiva de la zona.

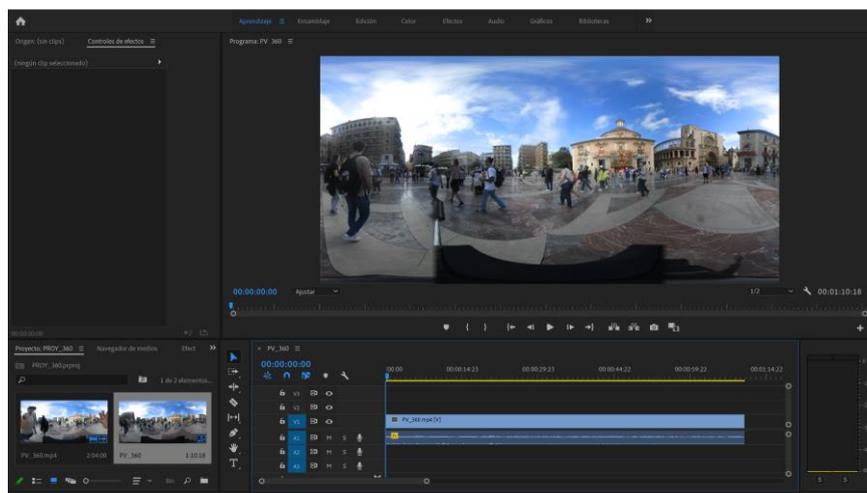


Figura 36. Edición en Adobe Premiere Pro de un vídeo 360 grados.

Cuando se consiguió elaborar cada uno de los vídeos, se incorporaron al proyecto sustituyendo el contenido audiovisual que ejercía de ejemplo.

5. Resultados y aplicación práctica

En este apartado se va a analizar los resultados obtenidos tras la realización completa del desarrollo del proyecto y cómo se podría poner en práctica.

5.1 Resultados obtenidos

Se ha logrado un buen diseño de la maqueta. Se ha conseguido una representación detallada y precisa de los lugares de la ciudad con la maqueta 3D de Valencia con alto grado de realismo. La maqueta 3D de Valencia ha resultado ser una representación detallada y precisa de la ciudad, logrando un alto nivel de realismo. Algo que también favorece al usuario tener una buena experiencia es la interacción fluida y correcta con la aplicación. Tras realizar varias pruebas, estas muestran que la interacción del usuario con la aplicación es intuitiva y fluida. Los controles responden de manera correcta y permiten una navegación sin problemas a través de los distintos elementos interactivos de la maqueta. Estas interacciones se han podido llevar a cabo gracias a las funciones completadas e incorporadas. Todas las funcionalidades planificadas, como la visualización de vídeos informativos y la interacción con puntos de interés mediante marcadores, se han implementado correctamente. Cada marcador despliega el contenido asociado de manera eficiente.

Por último, se ha logrado la experiencia inmersiva de los vídeos 360 grados. La integración de vídeos en 360 grados ha permitido al usuario tener una experiencia inmersiva efectiva. Estos pueden "viajar" virtualmente a través de los vídeos, cosa que enriquece significativamente la exploración de la ciudad de forma virtual. Un único inconveniente es la pérdida de calidad que se aplica en el programa de "Unity" a pesar de que los vídeos están grabados en una resolución 4K (3840 x 2160 píxeles).

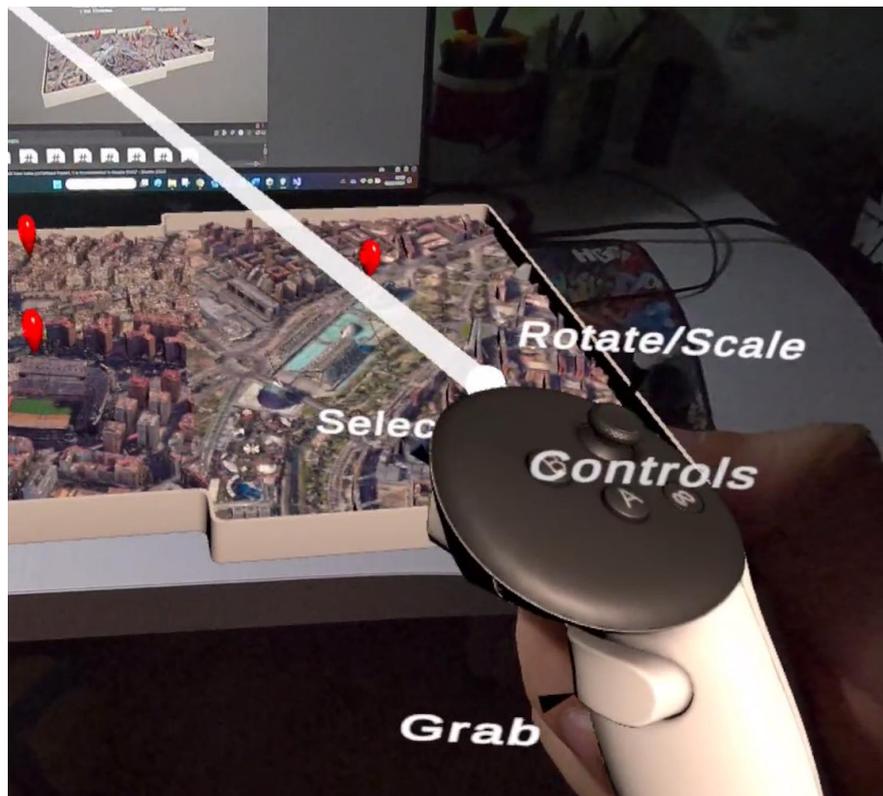


Figura 37. "Tutorial" en el proyecto.



Figura 38. Maqueta dentro del proyecto.



Figura 39. Pantalla con vídeo en el proyecto.



Figura 40. Vídeo 360 grados en el proyecto.

5.2 Puesta en práctica

El proyecto puede aplicarse de diversas maneras para maximizar su impacto y utilidad

- Promoción turística

Esta maqueta interactiva puede ser utilizada por oficinas de turismo y plataformas digitales como instrumento de promoción de Valencia a un nivel global. Esta experiencia inmersiva puede atraer a un público más amplio y diverso, considerando a jóvenes y amantes de la tecnología.

- Educación y cultura

Los estudiantes pueden utilizar la maqueta como una herramienta didáctica en las instituciones educativas y culturales, pudiendo aprender historia y cultura de Valencia de una forma atractiva e interactiva y complementando el sistema de enseñanza tradicional.

- Eventos y presentaciones

La maqueta 3D puede ser utilizada en múltiples ferias, eventos y exposiciones relacionados con la tecnología y el turismo para promocionar la ciudad y destacar el uso innovador de la tecnología para esta promoción cultural

6. Conclusiones y propuesta de trabajo futuro

El desarrollo del proyecto en “Unity” ha hecho posible plasmar la idea principal de la creación de la maqueta 3D interactiva de la ciudad de Valencia en un entorno de realidad mixta, gracias a los conocimientos que se han adquirido en el transcurso de la carrera y en el proceso de desarrollo, los cuales han sido clave para lograr los objetivos marcados. El resultado de este proyecto no solo demuestra ser profesionalmente viable, sino que también evidencia el potencial de la realidad mixta en múltiples ámbitos, ofreciendo grandes cantidades de posibilidades para su incorporación y evolución tecnológica. Esta innovación puede revolucionar múltiples sectores, desde el turismo y la educación hasta la promoción cultural y la accesibilidad. La capacidad de crear experiencias inmersivas y accesibles puede transformar la manera en que las personas interactúan con la información y los entornos virtuales.

6.1 Propuestas de futuro

- Interacciones inmersivas

En un futuro se podrían añadir interacciones dentro de las escenas inmersivas, donde los usuarios manipulan elementos virtuales y acceden a información extra dentro de la ubicación que están visitando, además de poder personalizar su experiencia de visita.

- Sistema online

Otra futura implementación incluiría el desarrollo de un sistema online que pudiera permitir a los usuarios compartir sus experiencias, expandiendo así el alcance del proyecto. Estos podrían mostrar sus viajes virtuales para mostrar a otros usuarios sus rutas y descubrimientos en Valencia. Además, dentro de la escena principal de la maqueta, los usuarios podrían compartir la misma sesión de la aplicación y poder ver todo el contenido simultáneamente con gafas y controladores diferentes.

- Diseño del entorno

Mejorar el diseño del entorno para que se adapte más precisamente al espacio real de la escena podría aumentar la inmersión. Esto podría incluir la integración de datos de geolocalización y sensores para ajustar dinámicamente la maqueta virtual y otros elementos de decoración a las dimensiones y características físicas del entorno del usuario.

7. Bibliografía

- [1] Naciones Unidas, “Objetivos de desarrollo sostenible”, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Online].
- [2] IONOS, “¿Qué es la realidad mixta?”, <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/vender-en-internet/realidad-mixta/> [Online].
- [3] Master.D, “Qué es Unity y para qué sirve”, <https://www.masterd.es/blog/que-es-unity-3d-tutorial> [Online].
- [4] Wikipedia, La enciclopedia libre, “Unity Technologies”, https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_Technologies [Online].
- [5] SomosXbox, “¿Qué es Unreal Engine? Cómo funciona y por qué es tan famoso”, https://www.somosxbox.com/que-es-unreal-engine-como-funciona-y-por-que-es-tan-famoso/986474#Que_es_Unreal_Engine [Online].
- [6] Wikipedia, La enciclopedia libre, “Unreal Engine”, https://es.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine [Online].
- [7] Unity Asset Store, “Meta XR All-in-One SDK”, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/meta-xr-all-in-one-sdk-269657> [Online].
- [8] Microsoft Learn, “¿Qué es Mixed Reality Toolkit 2?”, <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05> [Online].
- [9] onirix, “Realidad Mixta: Descubriendo el Futuro de la Tecnología Inmersiva”, <https://www.onirix.com/es/realidad-mixta/> [Online].
- [10] Raúl Álvarez, Xataka, “‘Angry Birds’ está de vuelta y se convierte en el primer juego de realidad mixta para Magic Leap One”, <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/angry-birds-esta-vuelta-se-convierte-primer-juego-realidad-mixta-para-magic-leap-one> [Online].
- [11] J.Calvo, “La ‘Realidad Mixta’, una mezcla para el aula”, *Magisterio*, [Online]. Disponible en [https://www.magisnet.com/2021/10/la-realidad-mixta-una-mezcla-para-el-aula/#:~:text=La%20Realidad%20Mixta%20\(RM\)%20permite,la%20Realidad%20Aumentada%20\(RA\)](https://www.magisnet.com/2021/10/la-realidad-mixta-una-mezcla-para-el-aula/#:~:text=La%20Realidad%20Mixta%20(RM)%20permite,la%20Realidad%20Aumentada%20(RA))
- [12] T. Sanitaria, “El Marañón desarrolla un proyecto de realidad mixta en una cirugía real”, *SaludDigital*, [Online]. Disponible en <https://www.consalud.es/saludigital/tecnologia->

[sanitaria/el-maranon-desarrolla-un-proyecto-de-realidad-mixta-en-una-cirugia-real_43141_102.html](https://www.sanitaria/el-maranon-desarrolla-un-proyecto-de-realidad-mixta-en-una-cirugia-real_43141_102.html)

[13] Fiona Jarvis, Blue Badge Style, “Virtual Reality Picture access Descriptions VRPads are now known as a VRGallery”, <https://bluebadgestyle.com/2016/07/virtual-reality-a-way-to-show-accessibility/> [Online].

[14] CGTN, “Chinese museums roll out VR, AR exhibitions”, *CGTN*, [Online]. Disponible en <https://news.cgtn.com/news/2020-10-04/Chinese-museums-roll-out-VR-AR-exhibitions-UjO5D0PyzS/index.html#:~:text=Many%20museums%20in%20China%20are,Archaeological%20Ruins%20of%20Liangzhu%20City>

[15] UPV, “Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra”, <https://museotelecomvlc.webs.upv.es/> [Online].

[16] U. News, “Students use AI to preserve Lahaina’s historical architecture”, *University of Hawai‘i News*, [Online]. Disponible en <https://www.hawaii.edu/news/2024/03/22/lahaina-historical-architecture/>

[17] T. Palladino, “New York Times Delivers Augmented Reality Content to Magic Leap One Starting with Guatemala Volcano Feature”, *Next Reality*, [Online]. Disponible en <https://next.reality.news/news/new-york-times-delivers-augmented-reality-content-magic-leap-one-starting-with-guatemala-volcano-feature-0186403/>

[18] Nuria Montes de Diego, INVAT-TUR, “Balance turístico y previsiones - Comunitat Valenciana - 2023/2024”, <https://invattur.es/analisi/balance-turistico-previsiones-comunitat-valenciana?parent=inteligencia-turistica> [Online].

[19] V. Plaza, “El Consell financia un sistema de proyección inmersivo para destinos con realidad extendida”, *valenciaplaza*, [Online]. Disponible en <https://valenciaplaza.com/consell-financia-sistema-proyeccion-inmersivo-destinos-realidad-extendida>

[20] Lego, “Juegos y apps”, <https://www.lego.com/es-es/categories/games/bricktales> [Online].

[21] Demeo, “Encuentra las aplicaciones y los juegos que buscas”, <https://www.meta.com/es-es/experiences/3634830803298285/> [Online].

[22] Redacción, “Meta anuncia su propio sistema operativo: Meta Horizon OS”, *realovirtual*, [Online]. Disponible en <https://www.realovirtual.com/noticias/14014/meta-anuncia-su-propio-sistema-operativo-meta-horizon-os>

[23] Meta, “Meta Quest 3 llega este año y presentamos precios más bajos y mejoras para Quest 2”, <https://about.fb.com/ltam/news/2023/06/meta-quest-3-llegara-mas-tarde-este-ano-presentamos-precios-mas-bajos-y-mejoras-para-quest-2/> [Online].

[24] Meta, “Compara las Meta Quest”, <https://www.meta.com/es/quest/compare/> [Online].

- [25] Nikon, “KeyMission 360”, <https://www.nikon.com.mx/p/keymission-360/26513/overview> [Online].
- [26] ebay, “TRIPODE STITZ T-90BX 18276649”, <https://www.ebay.es/itm/126346020601> [Online].
- [27] diegocamachop, Platzi, “Qué es Unity - Todo sobre el popular motor de videojuegos”, <https://platzi.com/blog/que-es-unity-motor-videojuegos/> [Online].
- [28] Amparo Chirivella González, Profesional Review, “Blender, qué es y para qué se utiliza”, https://www.profesionalreview.com/2022/02/20/blender-que-es-y-para-que-se-utiliza/#Que_se_puede_hacer_en_Blender [Online].
- [29] SideQuest, “Get SideQuest”, <https://sidequestvr.com/download> [Online].
- [30] Adobe, “PREMIERE PRO”, <https://www.adobe.com/es/products/premiere.html> [Online].
- [31] Nikon, “KeyMission 360/170 Utility”, <https://downloadcenter.nikonimglib.com/es/download/sw/109.html> [Online].
- [32] DOTween, “Documentation”, <https://dotween.demigiant.com/documentation.php> [Online].
- [33] Unity, “Unity 2023.2.11”, <https://unity.com/releases/editor/whats-new/2023.2.11> [Online].
- [34] Unity Asset Store, “Meta XR Interaction SDK OVR Integration”, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/meta-xr-interaction-sdk-ovr-integration-265014> [Online].
- [35] Meta Quest, “Building Blocks”, <https://developer.oculus.com/documentation/unity/bb-overview/> [Online].
- [36] Unity Documentation, “Corrutinas”, <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/Coroutines.html> [Online].
- [37] NUNSYS, Youtube, “BatOnRoute - School Transport App - BETT London 24”, <https://www.youtube.com/watch?v=IFZDSv8aRto&t=10s> [Online].
- [38] Vimeo, “360 Cinema”, <https://vimeo.com/channels/360vr> [Online].
- [39] envatoelemets, “Efectos de Sonido”, <https://elements.envato.com/es/> [Online].
- [40] RenderDoc, “All Stable Builds”, <https://renderdoc.org/builds> [Online].
- [41] eliemichel, GitHub, “MapModelsImporter”, <https://github.com/eliemichel/MapsModelsImporter/releases> [Online].
- [42] Blender, “Index of /release/Blender2.93/”, <https://download.blender.org/release/Blender2.93/> [Online].