



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO”

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

PRESENTA:

ROGELIO ALBARRÁN SANTANA

DIRECTOR DE TESIS:

NOEL ENRIQUE RODRÍGUEZ MAYA

CO-DIRECTOR DE TESIS:

HIMER ÁVILA GEORGE

LUGAR Y FECHA:

H. ZITÁCUARO, MICH. A 12 DE AGOSTO DE 2024

Oficio de aprobación.



Carta de Autorización ITZ-AC-TL-FO-003	Revisión:	000	Fecha de emisión:	30-may-2024
	Elaborado por:	Jefatura de la DEPI		
	Revisado por:	Sistema de Gestión Integrado		
	Autorizado por:	Subdirección académica		

H. Zitácuaro, Mich., 05/Agosto/2024.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

MTRO. SAMUEL EFRÉN VIÑAS ALVAREZ
COORDINADOR DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, en donde se establecen los requisitos para la obtención del grado de Maestría; el H. Comité Tutorial del **C. Rogelio Albarrán Santana**, estudiante del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales**, con número de control: **M22650433**, después de haber realizado la revisión del contenido y formato de tesis "**Diseño e Implementación de realidad Mixta en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro**" emite su consentimiento para continuar con el proceso de obtención de grado académico correspondiente.

Por ese motivo se solicita a usted Autorizar al **C. Rogelio Albarrán Santana** la impresión y reproducción de la tesis *in comento*.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Hagamos Tecnología Creativa, para ser útil a México" ®

H. Comité Tutorial

Director de tesis

Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya

Co-director de tesis

Dr. Nimer Ávila George

Dra. Irna Zulay Garduño Jaimes
Revisora

Dr. Eduardo López Sandoval
Revisor



SECRETARIA DE
EDUCACION PUBLICA
INSTITUTO TECNOLOGICO
DE ZITACUARO
DEPTO DE DIVISION
DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION



Av. Tecnológico #186 Manzanillos C.P.61534 H, Zitácuaro, Mich., Tel. 01 (715) 153-44-45

e-mail: dir_zitacuaro@tecnm.mx | www.portal.itzitacuaro.edu.mx





Declaración de Originalidad	Revisión:	000	Fecha de emisión:	30-may-2024
ITZ-AC-TL-FO-005	Elaborado por:	Jefatura de la DEPI		
	Revisado por:	Sistema de Gestión Integrado		
	Autorizado por:	Subdirección académica		

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

En H. Zitácuaro, Michoacán, a 12 de Agosto de 2024, el (la) que suscribe, **Rogelio Albarrán Santana**, estudiante del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales** del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, con número de control: **M22650433**, manifiesto que soy autor intelectual de la presente tesis, la cual fue dirigida por el **Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya** con nombre: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO”**.

Declaro que la tesis es una obra original, que es de mi autoría y que toda la información y materiales extraídos de otras fuentes han sido debidamente referenciados. Que a la obra no ha sido previamente publicada y que, en caso de violación de derechos de autor, me hago responsable y exonero de toda responsabilidad al Instituto Tecnológico de Zitácuaro.

ATENTAMENTE



Rogelio Albarrán Santana
Nombre y firma del estudiante



Av. Tecnológico #186 Manzanillos C.P.61534 H, Zitácuaro, Mich., Tel. 01 (715) 153-44-45

e-mail: dir_zitacuaro@tecnm.mx | www.portal.itzitacuaro.edu.mx





Carta Cesión de Derechos	Revisión:	000	Fecha de emisión:	30-may-2024
ITZ-AC-TL-FO-004	Elaborado por:	Jefatura de la DEPI		
	Revisado por:	Sistema de Gestión Integrado		
	Autorizado por:	Subdirección académica		

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En H. Zitácuaro, Michoacán, a 12 de Agosto de 2024, el (la) que suscribe, Rogelio Albarrán Santana, estudiante del programa de Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, con número de control: M22650433, manifiesto que soy autor intelectual de la presente tesis, la cual fue dirigida por el Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya y cedo íntegramente los derechos de trabajo de tesis titulado: “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO**” al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Zitácuaro para su uso con fines académicos y de investigación.

Los usuarios pueden consultar y reproducir el contenido para todos los usos que tengan finalidad académica siempre y cuando sea citada la fuente información.

ATENTAMENTE



Rogelio Albarrán Santana
Nombre y firma del estudiante



Av. Tecnológico #186 Manzanillos C.P.61534 H, Zitácuaro, Mich., Tel. 01 (715) 153-44-45

e-mail: itz@tecnm.mx tecnm.mx | www.portal.itzitacuaro.edu.mx





Autorización de Impresión de Tesis	Revisión:	000	Fecha de emisión:	30-may-2024
ITZ-AC-TL-FO-006	Elaborado por:	Jefatura de la DEPI		
	Revisado por:	Sistema de Gestión Integrado		
	Autorizado por:	Subdirección académica		

H. Zitácuaro, Mich., 12/agosto/2024

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

C. ROGELIO ALBARRÁN SANTANA
NO. DE CONTROL: M22650433
MAESTRÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
PRESENTE

Conforme los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México y por recomendación del H. Comité Tutorial, esta División le autoriza imprimir y reproducir la tesis denominada: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO"**.

Ruego a Usted dar puntual seguimiento al formato en vigor que, para tal caso, indica las características de diseño que deberá contener tan importante documento.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Hagamos Tecnología Creativa, para ser útil a México"®

MTRO. SAMUEL EFRÉN VIÑAS ALVAREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE ZITÁCUARO
DEPTO. DE DIVISIÓN
DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



Av. Tecnológico #186 Manzanillos C.P.61534 H, Zitácuaro, Mich., Tel. 01 (715) 153-44-45
e-mail: dir_zitacuaro@tecnm.mx tecnm.mx | www.portal.itzitacuaro.edu.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
MEMORABLE DEL POSGRADO
TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO
TEL. 715 153 44 45

Agradecimientos y/o dedicatorias.

Agradecer primeramente a Dios por la oportunidad de vida, a mi querida Mamá Bernita porque ella siempre confió en mí, me ayudó muchísimo y siempre estuvo pendiente de cada actividad y logro. Muchas gracias Mamita siempre estás en mi mente y cada logro es gracias a ti y para ti.

A mis profesores que me apoyaron en el aprendizaje, a mi director de tesis porque siempre estuvo pendiente de mi trabajo apoyándome y al co-director de tesis ya que siempre me brindó apoyo y confianza.

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Instituto Tecnológico de Zitácuaro por el patrocinio en el desarrollo de este proyecto de tesis.

¡¡A todos muchas gracias!!

Resumen

Las tecnologías de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA) permiten a los usuarios interactuar en escenarios tridimensionales enriquecidos simulados de la vida real. La Realidad Mixta (RM) combina el concepto de RV y RA, permitiendo a los usuarios numerosas posibilidades para la interacción con el mundo virtual, mejorando la percepción y facilitando la telepresencia. Debido a los avances tecnológicos y a las limitantes de infraestructura, la implementación de estrategias de RM en las universidades, permiten a los estudiantes interactuar con entornos virtuales enriquecidos de instalaciones y laboratorios, además de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. En el presente trabajo se expone el desarrollo y aplicación de RM en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ), enfocándose en la interacción de los usuarios con el Centro de Cómputo. Durante la implementación, se analizaron y probaron diferentes tecnologías software y hardware, además del desarrollo de un método ad hoc ajustado al proyecto. La investigación confirma las ventajas de la RM en el ámbito universitario, destacando una reducción significativa en el tiempo de aprendizaje y mayor motivación por parte de los estudiantes. Los resultados obtenidos concluyen con el desarrollo exitoso de una aplicación de RM para las gafas Meta Quest 3 y la implementación de un recorrido virtual accesible en la página oficial del ITZ.

Abstract

Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies enable users to interact in enriched, simulated three-dimensional scenarios of real-life environments. Mixed Reality (MR) combines the concepts of VR and AR, offering users numerous possibilities for interacting with the virtual world, enhancing perception, and facilitating telepresence. Due to technological advancements and infrastructure limitations, implementing MR strategies in universities allows students to engage with enriched virtual environments of facilities and laboratories, strengthening teaching and learning processes. This work presents the development and application of MR at the Instituto Tecnológico de Zitacuaro (ITZ), focusing on user interaction with the Computing Center. During the implementation, various software and hardware technologies were analyzed and tested, and an ad hoc method tailored to the project was developed. The research confirms the advantages of MR in the university setting, highlighting a significant reduction in learning time and increased student motivation. The results conclude with the successful development of an MR application for Meta Quest 3 glasses and the implementation of a virtual tour accessible on the official ITZ website.

Índice general

Resumen.

Abstract.

Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	14
Lista de abreviaturas y/o símbolos	17
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	19
1.1. Introducción	20
1.2. Planteamiento del problema	22
1.3. Justificación	24
1.4. Marco teórico	26
1.4.1. Conceptos clave	26
1.4.1.1. Realidad Virtual (RV)	26
1.4.1.2. Realidad Aumentada (RA)	26
1.4.1.3. Realidad Mixta (RM)	27
1.4.1.4. Ventajas.....	27
1.4.2. Evolución y desarrollo de la RM	27
1.4.2.1. Evolución.....	27
1.4.2.2. Impacto de la RM en diversos campos	28
1.4.3. Software popular para crear RM.....	29
1.4.4. Teorías sobre RM, RV y RA	29
1.4.4.1. Teorías de la RV	30
1.4.4.1.3. Teoría de la telepresencia	30
1.4.4.2. Teorías de la RA.....	31
1.5. Objetivos	32
1.6. Hipótesis	33
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	34

2.1. Estado del arte.....	35
2.2 Estado de la Técnica	44
2.2.1. Dispositivos de hardware	44
2.2.2. Software.....	49
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	51
3.1. Introducción	52
3.2. Diseño y la planificación.....	52
3.3. Modelado 3D.....	53
3.5. Pruebas y depuración	55
3.6. Publicación y distribución de la aplicación	55
3.7. Acceso a la RV en los dispositivos móviles	56
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO	57
4.1. Contexto de implementación.....	58
4.2. Modelado	59
4.3. Programación y Desarrollo.....	61
4.3.1. Realidad virtual	61
4.3.1.1. Configuración de RV en Unity.....	64
4.3.1.2. Inserción de edificios	67
4.3.1.2.1 Colocación de edificios	68
4.3.1.3. Construcción de la aplicación RV	69
4.3.1.4. Instalación de la aplicación en el dispositivo.....	69
4.3.1.5. Uso de la aplicación de RV en las gafas.....	70
4.3.1.6. Pruebas de RV en las gafas	70
4.3.2. Implementación de Realidad Mixta.....	72
4.3.2.1. Configuración de RM en Unity.....	73
4.3.2.2. Instalación de plugins de RM.....	73

4.3.2.3. Corrección de errores y configuración	74
4.3.2.4. Modelos de RM usando Building Blocks.....	75
4.3.2.5. Agregado de prefabs y edificios.....	77
4.3.2.6 Uso de RM en la aplicación	78
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	79
5.1. Realidad Virtual.....	80
5.1.1. Aplicación de RV en las gafas Meta Quest 3.....	80
5.1.2. Desplazamiento e interacción virtual	80
5.1.3. Límites de traslado en la Aplicación de RV.....	82
5.1.4. Controles y manos virtuales.....	83
5.2. Realidad Mixta	84
5.2.1. Aplicación de RM en las gafas Meta Quest 3	84
5.2.2. Desplazamiento e interacción virtual y física	85
5.2.3. Uso de controles y manos virtuales	86
5.3. Pruebas de uso y satisfacción de la aplicación.....	89
5.3.1. Vinculación institucional.....	89
5.3.2. Satisfacción de los usuarios	91
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	99
Discusión	100
Conclusiones	102
RECOMENDACIONES	103
Recomendaciones	104
TRABAJOS FUTUROS	105
Trabajos futuros	106
REFERENCIAS.....	108
ANEXOS	111
Anexo A. Configuración de Meta Quest modo desarrollador	112

Anexo B. Configuración modo passthrough para RM	114
Anexo C. Descripción de controles Meta Quest 3.....	116
Anexo D.- Encuestas aplicadas en el ITZ sobre la RM.....	117

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de prueba de dispositivos con RM.....	39
Tabla 2. Listado de dispositivos de RM.....	42
Tabla 3. Características principales de Oculus Quest 2.....	49

Índice de figuras

Figura 1. Gráficas porcentuales del Test.....	35
Figura 2. Tiempos en pruebas usando RM	36
Figura 3. Predicción ingresos de RM mercado América del norte 2015-2024.	43
Figura 4. Microsoft HoloLens, sensores y cámaras.	45
Figura 5. Dispositivo Magic Leap One, lentes y controles.....	47
Figura 6. Controles Magic Leap One y acciones con los botones.....	47
Figura 7. Gafas Holográficas de Meta Oculus Quest 2.	48
Figura 8. Diseño centrado en el usuario (DCU).	53
Figura 9. Herramientas disponibles, etapa de modelado.	54
Figura 10. Herramientas etapa de programación y desarrollo.	54
Figura 11. Principales tiendas de Aplicaciones.	56
Figura 12. Acceso a la aplicación a través de códigos QR.	56
Figura 13. Entorno de diseño SketchUp versión 2016.	59
Figura 14. Página de descarga de modelos 3D. WareHouse.	60
Figura 15. Diseño de edificio en SketchUp 2016.	60
Figura 16. Acomodo de edificios 3D de en Unity.	61
Figura 17. Unity Hub, concentrador de proyectos Unity.....	62
Figura 18. Selección de proyecto en Unity Hub.	63
Figura 19. Estructura del templete de RV.	63
Figura 20. Plugins necesarios creación de RV en Unity.....	64
Figura 21. Plugins especiales para las gafas de RV Meta Quest.....	64
Figura 22. Selección de plataforma de desarrollo Android.....	65
Figura 23. Uso de controles físicos de Meta Quest.....	66
Figura 24. Elemento <i>XR Ring</i> en la cámara que visualizara todo el entorno.	66
Figura 25. Plano delimitante, zona de tele-transportación.	67
Figura 26. Inserción de los edificios al proyecto.....	67
Figura 27. Activando texturas nativas de cada modelo 3D.	68
Figura 28. Distribución de los edificios.	69
Figura 29. Construcción de la aplicación en Unity para Quest 2 y 3.	69
Figura 30. Instalación de la aplicación en Meta Quest 2 usando SideQuest.....	70
Figura 31. Acceso a las aplicaciones instaladas en el dispositivo.....	70
Figura 32. Prueba Área de llegada al centro de cómputo.	71

Figura 33. Entrada al centro de cómputo	71
Figura 34. Centro de cómputo por dentro.	72
Figura 35. Selección de dispositivo para RM en Unity.	72
Figura 36. Cambio de plataforma a Android.....	73
Figura. 37. Plugins necesarios RM (Meta XR All in One SDK).	74
Figura 38. Instalación en Unity de plugins necesarios.	74
Figura 39. Corrección de errores y optimización para Quest en Unity.	75
Figura 40. Agregado de elementos de RM usando <i>Building blocks</i>	75
Figura 41. Configuración de la cámara para usar Passthrough.	76
Figura 42. Hand tracking para usar las manos sin controles.....	77
Figura 43. Importación edificios 3D y selección de texturas.....	77
Figura 44. Elementos de RM e interacción con las gafas.	78
Figura 45. Acceso principal del edificio de Centro de Cómputo.	80
Figura 46. Interacción con el usuario por medio de las manos virtuales.	81
<i>Figura 47. Toma de objetos y desplazamiento con tele transportación.....</i>	<i>81</i>
Figura 48. Modo desplazamiento con teletransportación.....	82
Figura 49. Movimiento a la entrada al centro de cómputo.....	82
Figura 50. Límites virtuales y físicos en la Aplicación de RV.....	83
Figura 51. Manos virtuales emulando manos físicas.....	83
Figura 52. Áreas no accesibles en el entorno.	84
Figura 53. Bienvenida y uso de cámaras para interactuar entre la RV y RA.....	85
Figura 54. Uso de botones para la teletransportación.....	85
Figura 55. Movimientos en el área (teletransportación).	86
Figura 56. Cambio entre controles y manos virtuales para manipular objetos RM. .	86
Figura 57. Combinación de RV y RA en el proyecto.	87
Figura 58. Movimiento dentro del Centro de Cómputo.....	88
Figura 59. Información detallada del edificio con RM.....	88
Figura 60. Información auditiva al presionar iconos de audio.	89
Figura 61. Vista principal de la aplicación de RV en la página oficial del ITZ.....	90
Figura 62. Estadísticas del recorrido virtual alojado en el sitio del instituto.....	90
Figura 63. Lugares desde donde visitaron el recorrido virtual.....	91
Figura 64. Rol de las personas entrevistadas.	92
Figura 65. Familiaridad con la RV y RA.	92
Figura 66. Personas que han utilizado dispositivos de RV o RA.	93

Figura 67. Experiencia de manera general al usar RM.	93
Figura 68. Personas que han usado la RM dentro del ITZ.....	94
Figura 69. Posibles beneficios de usar la RM dentro del ITZ.....	94
Figura 70. Mejora de experiencia educativa vs métodos tradicionales.	95
Figura 71. Posibles obstaculos para la adopción de la RM en el ITZ.	95
Figura 72. Áreas, talleres, laboratorios donde aplicar la RM.....	96
Figura 73. Disponibilidad para capacitarse en RM.....	97
Figura 74. Opinión sobre las herramientas actuales en el ITZ.	97
Figura 75. Costo beneficio de aplicar RM en el ITZ.	98
Figura 76. Selección de dispositivo y conexión Quest de escritorio.....	112
Figura 77. Habilita orígenes desconocidos en la aplicación.....	112
Figura 78. Configuración de las gafas modo desarrollador.	113
Figura 79. Conexión y configuración de las gafas.....	114
Figura 80. Activación modio desarrollador en las gafas Quest 3.	114
Figura 81. Habilitación de la función Passthrough.	115
Figura 82. Descripción de controles de Meta Quest 3 y su función.	116

Lista de abreviaturas y/o símbolos

- 3D: Tercera dimensión.
- AMD: "Advanced Micro Devices, Inc."
- API: "Application Programming Interface" (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
- APK: Android Package
- APP: Aplicación (Application)
- CPU: "Central Processing Unit" (Unidad Central de Procesamiento).
- DCU: Diseño Centrado en el Usuario
- DEPTO: Departamento
- GPU: "Graphics Processing Unit" (Unidad de Procesamiento Gráfico)
- HD: Alta Definición (High Definition)
- HP: Hewlett-Packard
- IEEE: Instituto de Ingenieros Electricos y Electronicos ("Institute of Electrical and Electronics Engineers")
- IES: Institución de Educativa Superior.
- IMU: Unidad de Medición Inercial (Inertial Measuremen Unit)
- iOS: "iPhone Operating System" (Sistema Operativo del iPhone)
- ITZ: Instituto tecnológico de Zitácuaro.
- LAB: Laboratorio
- OpenGL: Open Graphics Library
- OS: "Operating System" (Sistema Operativo)
- OVR: Oculus VR
- QR: Código de Respuesta Rápida (Quick Response)
- RA: Realidad aumentada.
- RAM: "Random Access Memory" (Memoria de Acceso Aleatorio)
- RM: Realidad mixta.
- RV: Realidad virtual.
- SDK: "Software Development Kit" (Kit de Desarrollo de Software)
- SKP: Extensión de archivo de SketchUp
- SSD: "Solid State Drive" (Unidad de Estado Sólido)
- TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

- UNESCO: "United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization" (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
- UPM: Universidad Politécnica de Madrid.
- URP: Universal Render Pipeline
- USB: "Universal Serial Bus" (Bus Universal en Serie)
- WEBGL: Web Graphics Library
- WIFI: Wireless Fidelity
- XML: "Extensible Markup Language" (Lenguaje de Marcado Extensible).
- XR: Extended Reality

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) van modernizando y agregando nuevas funcionalidades cada vez más sorprendentes en la vida cotidiana. Por ejemplo, en el ámbito educativo han permitido el fortalecimiento del trabajo a distancia y el empleo de tecnologías que simulan procesos académicos, lo que ha traído consigo nuevas formas de ver la realidad. Las tecnologías de Realidad Virtual (RV), Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM) (Pimentel Elbert et al., 2023), conocidas como entornos gráficos computacionales (Mariano Francisco et al., 2021), han potenciado el uso de dispositivos inteligentes para la simulación en tiempo real de entornos en tercera dimensión (García Reyes et al., 2014), lo que ha permitido, por ejemplo, observar un edificio virtual y visitarlo sin necesidad de desplazamiento físico.

La RA es una tecnología que permite superponer información digital en el mundo real; esto se logra mediante el uso de dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas, gafas especiales, etc., proporcionando una vista de la realidad con elementos digitales adicionales. La RA se utiliza en una variedad de campos como la educación, la medicina, la publicidad, el entretenimiento, la robótica, el diseño, entre otros (Romano, 2022). La RV se diferencia de la RA, en que el usuario se sumerge completamente en un mundo digital, mientras que, en la RA, el usuario sigue en el mundo real, pero con elementos digitales superpuestos. Esto permite una mayor interacción y colaboración entre el mundo digital y el mundo real. La RM es una tecnología que combina elementos de la RV y de RA para crear una experiencia de inmersión en un entorno digital que se superpone al mundo real. Lo que permite a los usuarios interactuar con objetos virtuales en un espacio físico de manera natural y fluida. La RM se utiliza en una variedad de campos como la educación, la medicina, la publicidad, el entretenimiento, la robótica y el diseño (Rodríguez Verdera, 2019a). La RM se diferencia de la RV en que el usuario se encuentra en un ambiente real y se le añade información virtual y se diferencia de la RA en que la interacción con el mundo virtual es mucho más profunda y el usuario puede sentirse dentro de ese mundo virtual. Esto permite una mayor interacción y colaboración entre el mundo digital y el mundo real (Martínez, 2019).

El presente proyecto tiene el objetivo de diseñar e implementar una estrategia de RM en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Zitácuaro que le permita a los usuarios (estudiantes y partes interesadas) simular entornos físicos y virtuales enriquecidos de las instalaciones y laboratorios de tal manera que proporcione una experiencia académica significativa. El recorrido virtual con RM permitirá a los usuarios, experimentar con diferentes tecnologías y sistemas de manera interactiva en tiempo real. Además, la inclusión de elementos virtuales y aumentados permitirá que la experiencia sea realista y complementaria. Con la implementación de la aplicación se pretende fortalecer las estrategias de enseñanza – aprendizaje, la colaboración nacional e internacional y como apoyo de las actividades integrales y de promoción de la oferta educativa.

1.2. Planteamiento del problema

El Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ) es una Institución de Educativa Superior (IES) dedicada a la formación de profesionales de alta calidad en diversas áreas del conocimiento. A pesar de contar con una infraestructura adecuada, herramientas tecnológicas modernas y personal capacitado, el ITZ aún no ha incorporado tecnologías emergentes, como la RM, en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

La RM es una tecnología innovadora que fusiona elementos del mundo real y virtual para crear experiencias inmersivas. Esta tecnología permite a los usuarios interactuar con objetos y entornos digitales de manera más natural y efectiva, ofreciendo un potencial significativo para transformar la educación.

La implementación de la RM en el ámbito educativo, especialmente en el ITZ, puede ofrecer múltiples beneficios:

- **Mejora la comprensión de conceptos complejos.** En el área de Ingeniería en lugar de estudiar en un libro físico sobre el mecanismo de un motor de una máquina pesada, se puede usar RM para verlo en 3D, girarlo, acercarlo, inclusive desarmarlo sin riesgo de descomponerlo, al mismo tiempo que se podría apreciar su funcionamiento.
- **Fomenta la creatividad y el trabajo en equipo.** Al usar la misma aplicación en más de un dispositivo para RM se puede trabajar en paralelo la misma actividad de manera remota, manipulando objetos al mismo instante propiciando la discusión de ideas y la resolución de problemas en un espacio compartido.
- **Proporciona una experiencia de aprendizaje atractiva y significativa para los estudiantes.** Lo anterior debido a que proporciona retroalimentación instantánea, por ejemplo, al usar la RM en el proceso de fabricación de un producto se puede ver el resultado inmediato ajustando parámetros, además, se puede aplicar la gamificación proporcionando puntos, recompensas virtuales o niveles al usuario haciendo más divertido el aprendizaje.

Sin embargo, la adopción de la RM en el ITZ enfrenta varios desafíos:

- **Falta de recursos económicos:** La adquisición e implementación de tecnología de RM requiere una inversión considerable, que puede ser un obstáculo para su

implementación. Por ejemplo (Herrero, 2020), en su trabajo de tesis sobre aplicación de RM en un videojuego para enseñanza educativa en la universidad de Madrid realizó un presupuesto para realizar la aplicación dando un total de 5,720.00 € (\$119,429.60 pesos mexicanos) incluyendo equipo hardware y software así como horas programador. Sin embargo, este tipo de proyectos reducirían significativamente costos si se aplican en áreas específicas, compensando en ahorro, por ejemplo, en maquinaria o procesos costosos que se pudieran simular.

- **Capacitación del personal:** El personal docente y administrativo necesita formación adecuada para utilizar y enseñar con esta nueva tecnología de manera efectiva. Sin embargo, pueden ser capacitados en algún taller o curso al ser terminada la aplicación, a su vez ellos pueden capacitar a sus grupos de estudiantes que la utilicen.
- **Resistencia al cambio:** Algunos usuarios pueden mostrar resistencia a adoptar nuevas tecnologías debido a la inseguridad que pudiera provocar nuevos dispositivos, la RM puede resultar altamente compleja para quienes no hayan tenido contacto, por ejemplo el miedo al fracaso al presentar problemas técnicos y no poder resolverlos, así como la comodidad con el uso de métodos tradicionales.

Por lo tanto, el problema central a abordar en esta tesis es **cómo implementar la Realidad Mixta de manera efectiva en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro**, superando los desafíos mencionados y aprovechando al máximo los beneficios que esta tecnología puede ofrecer en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.3. Justificación

La implementación de la RM en el ITZ puede ser una tecnología transformadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo los siguientes beneficios:

1. Mayor motivación y participación de los estudiantes

La RM puede proporcionar una experiencia de aprendizaje más atractiva e interactiva en comparación con los métodos tradicionales. Los estudiantes pueden interactuar con objetos y entornos virtuales en tiempo real, lo que aumenta su motivación y participación. Esta tecnología permite que los alumnos se sumerjan en actividades educativas de manera más dinámica, mejorando su compromiso con el material de estudio.

2. Mejora en la comprensión de conceptos complejos

La RM permite a los estudiantes visualizar y manipular objetos y entornos virtuales en tres dimensiones (3D), facilitando la comprensión de conceptos complejos. Por ejemplo, en una clase de ingeniería, los estudiantes pueden ver y manipular modelos virtuales de estructuras complejas, lo que les ayuda a entender mejor su funcionamiento y evitar algún riesgo al manipularlo de manera física.

3. Fomento de la creatividad y el trabajo en equipo

La RM puede ser utilizada para crear entornos virtuales colaborativos donde los estudiantes trabajen en proyectos conjuntos. Esta colaboración fomenta la creatividad y el trabajo en equipo, habilidades esenciales en el mundo laboral actual, que es altamente competitivo. Además, permite a los estudiantes desarrollar habilidades de resolución de problemas en un entorno seguro y controlado.

4. Reducción de costos

La implementación de la RM puede reducir los costos asociados con la adquisición y mantenimiento de equipos y materiales tradicionales. Por ejemplo, en lugar de comprar equipos costosos para un laboratorio de química, los estudiantes pueden utilizar simuladores de RM. Asimismo, al manipular máquinas peligrosas en

talleres virtuales, se evita el riesgo de daños a estudiantes y se reducen los costos asociados a la reparación o reemplazo de equipos dañados. Como ejemplo particular, en el taller de máquinas y herramientas perteneciente a la carrera de Ingeniería Industrial se llevan a cabo procesos de manufactura con máquinas pesadas y costosas, algunas de estas son máquinas de control numérico, banda transportadora, brazo robótico y máquina enlatadora; éstas máquinas son usadas al menos 2 veces diarias, contemplando aproximadamente 10 veces su uso a la semana, para prácticas en las distintas materias reticulares, por lo que requiere mantenimiento continuo. Solo un diagnóstico de descompostura o mantenimiento cuesta aproximadamente \$700.00 dólares americanos, si es grave lo debe realizar personal de alguna empresa externa, agregando el costo de las piezas dañadas los cuales pueden oscilar hasta los \$250,000.00 pesos mexicanos. Por lo que la propuesta de usar la RM para simular los procesos antes descritos, ahorraría significativamente los gastos de mantenimiento.

En otro contexto y comparando los métodos de enseñanza tradicional los cuales contemplan un tiempo y línea de seguimiento, el aprendizaje basado en RM puede ser más rápido ya que va directo a los resultados teniendo como ventajas el reducir los tiempos de enseñanza así como incluir aprendizajes que teóricamente serían difíciles de mostrar, por ejemplo la simulación de una reacción química al combinar elementos peligrosos.

En cuanto al desarrollo profesional los docentes y personal involucrados adquieren nuevas habilidades en tecnología al ser capacitados para el uso de la RM, permitiendo la innovación en métodos de enseñanza, fortaleciendo su formación profesional. En cuanto a los estudiantes, fomenta nuevas oportunidades de investigación y colaboración permitiendo innovaciones en distintos campos de la ingeniería.

La incorporación de la RM en el ITZ no solo puede mejorar la calidad del aprendizaje al hacer más accesibles y comprensibles los conceptos complejos, sino que también fomenta habilidades críticas para el desarrollo profesional de los estudiantes, todo ello mientras se optimizan los recursos económicos de la institución.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Conceptos clave

1.4.1.1. Realidad Virtual (RV)

La RV es una tecnología interactiva que permite a los usuarios experimentar ambientes tridimensionales simulados. La RV utiliza dispositivos como gafas y auriculares para crear una inmersión total en un mundo virtual, lo que permite a los usuarios interactuar con los objetos y personajes dentro de este mundo. Según Villada et al. (2022), la RV puede ser utilizada en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo entretenimiento, juegos, entrenamiento, educación y terapia. La RV también puede ser utilizada en el diseño y planificación de productos, permitiendo a los usuarios experimentar y evaluar conceptos antes de la producción en masa. Además (Suelves & Diana Marín, 2020) señala que la RV también puede ser combinada con otras tecnologías como el *haptic feedback* para mejorar la inmersión y la interacción del usuario con el mundo virtual. En resumen, la RV es una tecnología en constante evolución que ofrece una amplia variedad de aplicaciones y posibilidades en diferentes ámbitos, desde el entretenimiento hasta la industria y la educación.

1.4.1.2. Realidad Aumentada (RA)

La RA es una tecnología que combina el mundo real con elementos virtuales, generando una experiencia híbrida. RA utiliza dispositivos tecnológicos como smartphones, tabletas o gafas inteligentes para proyectar imágenes o información sobre el entorno real. Según Montenegro Rueda & Fernández Cerero (2022), la realidad aumentada es una tecnología emergente que ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años. Este tipo de realidad híbrida se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo educación, entretenimiento, marketing y comunicaciones militares. Además, el artículo destaca la importancia de la interacción y la inmersión en la realidad aumentada, lo que permite al usuario interactuar con el entorno virtual en tiempo real y aumentar su comprensión y aprendizaje. En resumen, la realidad aumentada es una tecnología en constante evolución que está transformando la forma en que interactuamos con el mundo digital y físico.

1.4.1.3. Realidad Mixta (RM)

La RM es un término que se refiere a una combinación de RV y RA. La RV crea un entorno generado por computadora que puede ser explorado y manipulado por un usuario, mientras que la RA superpone información digital sobre el mundo real. La RM combina estos dos tipos de tecnologías para crear experiencias más inmersivas e interactivas. Algunos conceptos clave en la RM incluyen (Almenara et al., 2023).

1.4.1.4. Ventajas

A continuación, se enlistan algunas de la implementación y uso de RM.

- **Interacción**

La RM permite a los usuarios interactuar con objetos y entornos virtuales de manera más natural que la realidad virtual o aumentada por separado.

- **Inmersión**

La combinación de elementos reales y virtuales en la RM crea una experiencia más inmersiva para el usuario.

- **Mejora de la percepción**

La RM puede mejorar la percepción y comprensión de un objeto o entorno a través de la superposición de información digital.

- **Mejora de la productividad**

La RM puede aumentar la eficiencia y productividad en aplicaciones como la formación, el diseño y la simulación.

- **Tecnología de seguimiento**

La RM requiere tecnologías de seguimiento para rastrear la posición y orientación de dispositivos y objetos en tiempo real.

1.4.2. Evolución y desarrollo de la RM

1.4.2.1. Evolución.

La evolución de la RM ha sido impulsada por el desarrollo de tecnologías como los sensores, la RV, la RA, el procesamiento de señal y el aprendizaje automático. Esto ha permitido el desarrollo de dispositivos y sistemas cada vez más avanzados y

accesibles para una variedad de aplicaciones (Encarnación De Jesús & Ayala Ramírez, 2021).

1.4.2.2. Impacto de la RM en diversos campos

El impacto de la RM ha sido significativo en varios campos. En la educación, ha permitido la creación de entornos de aprendizaje interactivos y emocionantes que mejoran la motivación y el aprendizaje de los estudiantes (Chóez Chilibingua & Larreal Bracho, 2023). En la medicina, ha mejorado la formación de los médicos y la planificación quirúrgica, lo que ha llevado a mejores resultados en el tratamiento de pacientes (Pérez et al., 2023). En la industria, ha ayudado a mejorar la eficiencia y la automatización de procesos, lo que ha llevado a una reducción de costos y un aumento en la productividad (Chóez Chilibingua & Larreal Bracho, 2023). Además, la RM también ha tenido un impacto significativo en el entretenimiento, permitiendo experiencias de juego y entretenimiento más inmersivas y emocionantes (Burnao, 2024). La RM tiene una amplia variedad de aplicaciones en diferentes campos, algunas de las aplicaciones más comunes incluyen:

- **Educación**

Para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de diferentes temas. Por ejemplo, se puede utilizar para crear entornos de aprendizaje interactivos en los que los estudiantes pueden interactuar con objetos virtuales y experimentar de forma segura con conceptos científicos y tecnológicos (Chóez Chilibingua & Larreal Bracho, 2023).

- **Entretenimiento**

Crear experiencias de juego y entretenimiento más inmersivas y emocionantes (Burnao, 2024).

- **Diseño**

Para crear prototipos y maquetas virtuales que ayudan a los diseñadores a visualizar y probar sus ideas antes de construirlas (Burnao, 2024).

- **Medicina**

Para mejorar la capacitación de los médicos, la planificación quirúrgica, la cirugía y el tratamiento de pacientes (Pérez et al., 2023).

- **Fabricación**

Para mejorar la eficiencia de la producción y reducir los costos mediante la automatización de procesos (Chóez Chilibuquina & Larreal Bracho, 2023).

1.4.3. Software popular para crear RM

En el mercado, existen diferentes aplicaciones software utilizados para crear RM, algunos de los más populares son:

1.4.3.1. Unity

Es un motor de juegos y plataforma de desarrollo de RM que permite a los desarrolladores crear aplicaciones y experiencias en 3D. Es compatible con una amplia variedad de dispositivos y plataformas, incluyendo dispositivos de realidad virtual y aumentada (Chóez Chilibuquina & Larreal Bracho, 2023).

1.4.3.2. Unreal Engine

Es otro motor de juegos y plataforma de desarrollo de RM que permite a los desarrolladores crear aplicaciones y experiencias en 3D de alta calidad. También es compatible con una amplia variedad de dispositivos y plataformas (Chóez Chilibuquina & Larreal Bracho, 2023).

1.4.3.3. Vuforia

Es una plataforma de desarrollo de RM especializada en la realidad aumentada. Permite a los desarrolladores crear aplicaciones y experiencias que superponen contenido virtual en el mundo real (Vuforia Engine, 2023).

1.4.3.4. ARToolKit

Es una biblioteca de software libre para la realidad aumentada, que permite a los desarrolladores crear aplicaciones que superponen contenido virtual en el mundo real. Es compatible con una amplia variedad de dispositivos y plataformas (Dengel et al., 2022).

1.4.4. Teorías sobre RM, RV y RA

La teoría de la RM se centra en la combinación de elementos virtuales y reales en un entorno único y coherente. Esta teoría sostiene que la RM ofrece una experiencia

inmersiva más completa que la RV o RA por separado, y tiene un potencial significativo en una variedad de aplicaciones, incluidas la educación, la entretenimiento y la industria.

Una teoría importante relacionada con la RM es la de la inmersión, que se refiere a la sensación de estar dentro de un ambiente virtual. La RM puede mejorar la inmersión al añadir elementos reales y tangibles a la experiencia virtual. Otra teoría importante es la de la interacción hombre-computadora, que se centra en cómo los usuarios interactúan con la tecnología. La RM puede mejorar la interacción hombre-computadora al permitir que los usuarios interactúen con elementos virtuales y reales de manera más natural e intuitiva (Valarezo-Guzmán & Guillermo Enrique, 2023).

1.4.4.1. Teorías de la RV

Las teorías de RV se han desarrollado a lo largo de la historia de la tecnología y la psicología para entender cómo funciona la percepción humana en el mundo virtual. Algunas de las teorías más relevantes se describen a continuación.

1.4.4.1.1. Teoría de la inmersión

Se refiere a la sensación de estar dentro del mundo virtual, como si estuviéramos realmente allí. Esta teoría ha sido desarrollada por psicofisiologistas y neurocientíficos, y se basa en la idea de que la percepción humana se puede manipular para crear una experiencia de inmersión (Carneiro Dos Santos, 2023).

1.4.4.1.2. Teoría de la presencia

Se refiere a la sensación de estar presente en el mundo virtual, como si estuviéramos allí de verdad. Esta teoría ha sido desarrollada por psicólogos y se basa en la idea de que la percepción humana puede ser influenciada por los estímulos sensoriales y la interacción con el mundo virtual (Ortega Rodríguez, 2022).

1.4.4.1.3. Teoría de la telepresencia

Se refiere a la sensación de estar controlando un cuerpo virtual en el mundo virtual. Esta teoría ha sido desarrollada por ingenieros y se basa en la idea de que la percepción humana puede ser influenciada por la interacción con el mundo virtual a través de la tecnología de control de movimiento (Angulo Mendoza et al., 2023).

Estas teorías han sido desarrolladas y evaluadas por expertos en la materia, y están respaldadas por estudios y experimentos.

1.4.4.2. Teorías de la RA

No existe una única teoría específica sobre la RA, ya que se trata de un concepto interdisciplinario que involucra tanto a la informática como a la psicología, la ingeniería y otras áreas. Pero se pueden incluir las siguientes.

1.4.4.2.1. Teoría de la presencia

La teoría de la presencia se refiere a la sensación de estar presente en un entorno virtual o aumentado (Carneiro Dos Santos, 2023).

1.4.4.2.2. Teoría de la realidad híbrida

La teoría de la realidad híbrida se refiere a la combinación de elementos virtuales y reales en un entorno aumentado (Martínez, 2019) .

1.4.4.2.3. Teoría de la inmersión

La teoría de la inmersión se refiere a la capacidad de un entorno virtual o aumentado para sumergir al usuario en una experiencia realista (Valarezo-Guzmán & Guillermo Enrique, 2023).

Estas teorías proporcionan un marco para entender cómo la realidad aumentada afecta la percepción y el comportamiento humano en entornos virtuales y aumentados.

1.5. Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar una estrategia de Realidad Mixta que permita a los usuarios interactuar en un entorno físico y virtual enriquecido de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Zitácuaro utilizando técnicas de Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Objetivos específicos

1. Investigar y documentar los fundamentos teóricos y prácticos de la realidad mixta, la realidad virtual y la realidad aumentada para establecer un marco de referencia sólido.
2. Evaluar y elegir las herramientas de software más adecuadas para el diseño y desarrollo de aplicaciones de realidad mixta, así como los dispositivos de hardware necesarios para su implementación.
3. Diseñar e implementar una aplicación con recorrido virtual que combine elementos de realidad virtual y realidad aumentada en el campus universitario y Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Zitácuaro.
4. Realizar pruebas de la aplicación de RV y RM para analizar el uso y satisfacción de los usuarios.

1.6. Hipótesis

Hipótesis: La implementación de una estrategia de realidad mixta en el campus universitario y centro de cómputo del Instituto Tecnológico de Zitácuaro permitirá a los usuarios simular entornos físicos y virtuales enriquecidos de las instalaciones y laboratorios para fortalecer la vinculación institucional y establecer estrategias de enseñanza – aprendizaje innovadoras.

Pregunta de investigación: ¿La implementación de realidad mixta en el campus universitario del Instituto Tecnológico de Zitácuaro contribuirá en la mejora de los procesos de vinculación y enseñanza - aprendizaje?

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1. Estado del arte

En la búsqueda constante de mejorar la calidad de la educación, muchas instituciones de nivel superior han adoptado nuevas tecnologías en sus actividades académicas. Estas innovaciones han permitido apreciar una diferencia significativa en el aprendizaje estudiantil al comparar técnicas tradicionales con técnicas más modernas como la RM. A continuación, se presentan diversas investigaciones que ilustran cómo la RM ha transformado el panorama educativo y profesional en diferentes contextos.

En primer lugar, Tello Beltran (2018b) realizó un estudio titulado “*Realidad mixta/híbrida para la enseñanza de la animación en la educación superior*”, en la *Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia*. Este estudio comparó el aprendizaje tradicional de estructuras cinéticas de animación y el uso de las nuevas tecnologías como la RM para estudiantes de artes audiovisuales o afines. Creó una aplicación de RM y aplicando un muestreo del uso de la enseñanza tradicional en comparación con el uso de la RM, sobre la construcción de estructuras cinéticas de un grupo de 30 estudiantes del cuarto semestre del curso de realización de animación; 15 estudiantes con la enseñanza tradicional y 15 estudiantes usando la aplicación de RM (ver Figura 1), arrojando los siguientes resultados: en un tiempo de 3 horas y después de haber hecho pruebas de la aplicación de RM para su reconocimiento, el grupo experimental que usó la aplicación logró realizar en un 66.7% un mayor número de estructuras en relación con el grupo de control con la enseñanza tradicional con un 33.3%. Lo anterior indica un rango alto en el desempeño académico de los estudiantes después de la prueba, facilitando en el estudiante la comprensión del movimiento de estructuras cinéticas.

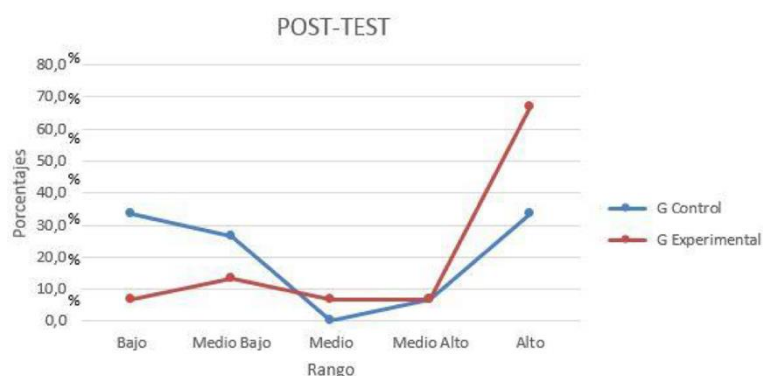


Figura 1. Gráficas porcentuales del Test (Tello Beltran, 2018).

Como se puede apreciar en la Figura 1, el grupo de estudiantes que utilizó la aplicación de RM contaba con un mayor porcentaje de estructuras generadas en comparación con el grupo de enseñanza tradicional.

De manera similar, en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Martín García (2019) investigó la aplicación de la RM para asistir de forma guiada a un montaje de un brazo robótico realizando una detección y seguimiento de herramientas reales con varios experimentos para evaluar la asistencia al montaje de elementos complejos dentro de talleres de la institución. Con esta herramienta creada con RM se optimiza los tiempos y la mejora de calidad, así como la reducción de costos generando un aprendizaje en las tareas de ensamblaje para los estudiantes. El autor utiliza como motor gráfico *Unity* y las gafas para visualizar hologramas llamada *Microsoft HoloLens*, con estas herramientas es posible, por medio de los *GameObjects* de *Unity* y el componente llamado *Transform*, mostrar de manera holográfica y sin riesgos, piezas y componentes que de manera física serían muy pesados y peligrosos. El autor realizó las pruebas que se realizaron a distintas personas de la institución en el taller de ensamblado para determinar la viabilidad de la técnica de RM en el aprendizaje de los operarios obteniendo una mejora cercana a los 30% de los tiempos realizados en pruebas anteriores usando RM (ver Figura 2).

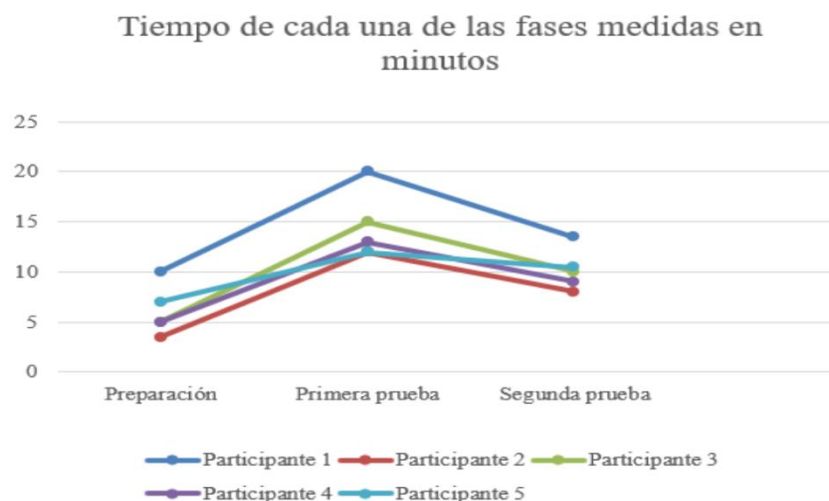


Figura 2. Tiempos en pruebas usando RM (Martín García, 2019)

La Figura 2, muestra el tiempo (eje vertical) tardado por los usuarios al operar el brazo robótico usando la RM en sus distintas pruebas (eje horizontal), el grupo de estudiantes que utilizó la aplicación de RM arrojando un menor tiempo de armado del brazo en comparación con el tiempo llevado en enseñanza tradicional.

Por su parte, Cuéllar-Rojas et al. (2021) en su investigación “*Caracterización del uso de tecnologías inmersivas aplicadas en geoparques: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Realidad Mixta, Técnicas de visualización y Gamificación*” exploró el uso de la RM para la promoción y enseñanza aprendizaje orientado a las visitas turísticas a los geoparques, enfatizando que el usar esas tecnologías se puede favorecer la capacidad de quien visita estos lugares haciendo un análisis crítico y la integración de conocimientos previos lo que provoca una retención a largo plazo para posteriormente dar solución a un problema en diferentes contextos (conocido como aprendizaje profundo) en un espacio de divulgación como son los geoparques que forman parte de la UNESCO para promover el desarrollo sostenible, proponiendo como herramienta de apoyo la gamificación. El autor propone el uso de la herramienta llamada gamificación, la cual es una metodología activa que puede llevar dinámicas de un juego a un ambiente de aprendizaje de tipo formal o no, premiando de alguna manera al usuario otorgándole puntos, vidas o pasar de nivel puede combinarse perfectamente con el uso de RM y que su bajo costo, su facilidad de implementación y el aporte educativo permitirá la divulgación de manera más exitosa favoreciendo un aprendizaje mucho más profundo. Cuellar asegura que la gamificación es la opción que podría apoyar el aprendizaje por la combinación con RM en conjunto permitiendo la manipulación de objetos y elementos y la premiación o incentivo para el usuario o visitante sin necesidad de una tecnología más compleja.

Por otro lado, Vásquez Rea (2018) en su investigación “*Desarrollo de un plan de implementación de tecnología de realidad mixta en el mercado ecuatoriano*” abordó el impacto en el ámbito de las ventas de RM en Ecuador. Hace mención de las distintas gafas existentes en el mercado para la visualización de aplicaciones de RM incluye las gafas de Google, gafas Dell, gafas Asus, gafas Lenovo, gafas HP y gafas HoloLens, asimismo menciona las ventajas y desventajas de la utilización de la RM. Por ejemplo, establece que el usar esta tecnología tiene la ventaja de que le permite al usuario realizar actividades normales como tener una conversación mientras la

utiliza sin tener distracciones. También describe los campos de aplicación que están aumentando cada vez más y son usados en la industria, la educación, la salud y el trabajo; su crecimiento exponencial podría hacer que muy pronto estos dispositivos sean capaces de transmitir olores y sensaciones muy similares a las que sentimos en la vida real. El autor hace énfasis en que la utilización de la RM que es una tecnología aún joven, puede crecer en un futuro muy cercano lo cual va a permitir desplazar a la mayoría de los dispositivos personales como los celulares ya que los nuevos dispositivos de RM contendrán todas las utilidades y aplicaciones más usadas, por lo que fomenta el uso de estas tecnologías así como la exhortación a exportar de otros países estos nuevos dispositivos para poder incrementar su uso en sectores como la educación, la salud, el entretenimiento, entre otros.

Continuando con este enfoque, Rodríguez Verdera (2019b) en su proyecto de investigación "*Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta en la Universidad Politécnica de Valencia*" exploró las opciones para realizar una aplicación RM tomando en cuenta los requisitos hardware y software. Para la operación de la aplicación, el autor menciona que es necesario tener instalado el sistema operativo Windows 10 o posterior, recomendando un procesador Intel Core i5 de séptima generación o un Ryzen 5 de AMD con una velocidad de 3.4 GHz o posterior, una memoria mínima de 8GB y un espacio de almacenamiento de 100 gigabytes o más y para la tarjeta gráfica recomienda una Intel HD 620 compatible con DX12 o una AMD Radeon RX 460/560, una pantalla gráfica con salida HDMI y conexión Bluetooth 4.0, así como los dispositivos de RM existentes destacando entre el análisis las gafas HP, las gafas Samsung HMD, las gafas Asus y las gafas Acer Mixed Reality. Sin embargo, las gafas recomendadas por el autor son las Acer Mixed Reality por su fácil uso e instalación, así como un precio accesible para el usuario. Además, menciona cómo se instala y configuran las gafas de RM de la empresa Acer. Una de las tecnologías que el autor hace mención, es la herramienta Toolkit Mixed Reality, la cual es compatible con el motor de desarrollo Unity.

Asimismo, Zari et al. (2023) en su investigación "*Magic Leap 1 frente a Microsoft HoloLens 2 para la visualización de contenido 3D obtenido a partir de imágenes radiológicas*" realizaron un análisis comparativo de los dispositivos de Microsoft HoloLens 2 y el Magic Leap 1, los cuales son dispositivos de alto nivel para la

visualización de RM más populares en el mercado, destacando que en el caso del Magic Leap, no está recomendado para personas con alguna discapacidad visual a diferencia de Microsoft HoloLens que automáticamente se adapta a las pupila del usuario otorgando con ello una gran ventaja en su uso y una fatiga ocular mínima. Sin embargo, HoloLens en cuanto a calidad de imagen se queda corto pues sus gafas son más susceptibles a la luz solar y a las luces brillantes por lo que los objetos virtuales parecen menos evidentes a diferencia de Magic Leap 1 el cual proporciona mayor contraste de color y menor sensibilidad de la luz. En cuanto a pruebas cuantitativas para evaluar el rendimiento de ambos dispositivos, el autor realizó pruebas de velocidad de fotogramas a través de la aplicación Verima Viewer usada en la medicina para la visualización de los órganos internos del ser humano, realizó un muestreo entre usuarios conocedores en medicina; al usar ambos dispositivos con la misma aplicación, determinaron que la calidad de visualización de un modelo en tercera dimensión, la interacción con el modelo en cuanto a facilidad de uso, ergonomía, profundidad y disposición espacial, la mayor calificación la tiene Magic Leap (ver Tabla 1).

Resultados del cuestionario sobre la comparación entre diferentes pantallas (voto de 1 = el más bajo a 3 = el más alto en términos de acuerdo). La tendencia central de las respuestas la presenta la mediana, con la dispersión presentada por el rango intercuartílico (RIC).

Artículo	Mediana (IQR)			p-Valor
	HoloLens 2	Magic Leap	Portátil	
1. La calidad de visualización del modelo 3D es buena	2 (0.5)	3 (0)	1 (1)	0.0061
2. La interacción con el modelo 3D es fácil	1 (1)	3 (0.5)	2 (0)	0.0015
3. Estoy satisfecho con la ergonomía de la pantalla, en términos de facilidad de uso y comodidad postural	2 (1)	3 (1)	3 (1)	0.6065
4. La comprensión del modelo anatómico 3D en términos de relaciones de profundidad y disposición espacial es buena	2 (0.5)	3 (0.5)	2 (0.5)	0.0316

Tabla 1. Resultados de prueba de dispositivos con RM, Zari et al. (2023).

La Tabla 1 muestra los resultados del cuestionario aplicado a los usuarios sobre la comparación entre diferentes pantallas o dispositivos para RM, mostrando la tendencia central y otorgando un mayor número de puntos al uso del dispositivo Magic Leap, por lo que, el autor concluye que este dispositivo, en comparación con HoloLens, es más recomendable por su mayor visualización del modelo 3D, una mayor interacción y facilidad de uso, una mejor ergonomía y comodidad, y una mejor comprensión del modelo anatómico en cuanto a profundidad y disposición espacial.

Además, Gil Vico (2021) en su investigación "*Interacción de cuerpo entero en realidad mixta para promover actitudes prosociales en niños con y sin trastorno del espectro autista: desarrollo de un prototipo en dos versiones*" desarrolló una aplicación para poder apoyar a los niños con un trastorno del espectro autista para promover sus actitudes prosociales en un rango de los 8 a los 10 años, donde su captación de atención durante todo el proceso es la prioridad de su investigación para ello propone el uso de la RM apoyándose en un equipo de psicólogos especializados en el tema, donde evalúan y proponen usar las nuevas tecnologías para permitir reducir las anomalías sensoriales, la discriminación, la memoria de tono y color, y la categorización de colores en el autismo así como la percepción musical. Cabe mencionar que, este trastorno no solo afecta a los niños, sino que los jóvenes universitarios presentan casos similares, aunque con un avance significativo el cual no es muy percibido en la educación superior. Es por ello que, de acuerdo con el autor también serviría para apoyar a jóvenes universitarios con este trastorno psicológico, al final de su investigación el autor determina los resultados obtenidos aportando una experiencia al usuario, pudiendo destacar un mayor control de la activación de las mecánicas, efectos visuales y sonoros con una sensación de sincronía durante su uso, un buen control de color de los efectos visuales, una fluidez en la experiencia mediante su mecánica de ayuda.

En otro estudio relevante, Sabogal Rojas (2019) en su investigación "*HoloMuseo: aplicación de realidad mixta con contenido multimedia desacoplado*" implementó una aplicación de realidad aumentada en el campo de la educación y la cultura, apoyándose de imágenes que funcionan como marcadores para la detección de objetos que el usuario observa por medio de gafas especiales y ofrece información multimedia

actualizada que se encuentre disponible, el cual se puede configurar para diferentes situaciones. Al utilizar la tecnología de Microsoft HoloLens, el autor menciona que para que estas tecnologías puedan reutilizarse en diferentes situaciones, es importante utilizar un servidor de contenidos que almacene información que puede ser actualizada en un formato JSON y se guarde por medio de URL, los recursos multimedia para cada objeto, así como los datos de la herramienta Vuforia (para RA) en un archivo XML. En la implementación de la aplicación se destaca, la retención de conocimiento, aun teniendo en cuenta que los usuarios de prueba no tenían información previa sobre los elementos presentados, generando satisfacción por parte de los usuarios al ofrecerles de manera holográfica información detallada sobre el lugar que estaban visualizando. El autor concluye que, el mantener un solo mecanismo de interacción reduce la curva de aprendizaje, y basándose en los comentarios de los usuarios, la cantidad y calidad del proyecto tuvo un gran impacto en su experiencia final otorgando una retención del conocimiento.

También, Redondo et al. (2022) en su investigación "*Aplicaciones de las realidades extendidas en cardiología intervencionista: la realidad mixta aplicada al procedimiento TAVI*" mencionaron un importante uso de la RM en el campo de la medicina, especialmente en procedimientos quirúrgicos e intervencionistas; para la cual se ha realizado una experiencia clínica preliminar de la integración de las gafas HoloLens 2 de Microsoft, específicamente en asistencia de cateterismos cardíacos, esto ha sido ensayado en 9 pacientes con implantes percutáneos de válvula aórtica (TAVI) esto ha generado, por medio de la RM, hologramas con la imagen de ecocardiograma en tiempo real. De esta manera, el operador, mediante las pantallas visuales puede ver simultáneamente sus manos y el soporte de la imagen, permitiendo al operador centrar su atención en un solo punto de trabajo, lo que optimiza de manera potencial los parámetros de seguridad del paciente. El autor menciona que, esta tecnología está alcanzando un estado de madurez y un precio razonable, lo cual va a permitir un avance en su uso en la cardiología intervencionista. Un caso de estudio presentado fue la supervisión remota de procedimientos por mentores categorizando la RM como una herramienta extremadamente útil durante la pandemia del COVID-19, ya que en 9 casos de procedimientos quirúrgicos, la RM, por medio del dispositivo HoloLens, pudieron ser transmitidos en tiempo real a los expertos conectados de forma remota, así como al operador, pudiendo el mentor en tiempo real, controlar la información

disponible en las ventanas virtuales que ve el operador. En conclusión, el autor afirma que, a pesar de las limitaciones para facilitar su aplicación en la cardiología, la RM podría mejorar la integración de las distintas técnicas de imagen durante las intervenciones cardiovasculares en los pacientes y realizar una operación más precisa y menos riesgosa.

En la misma línea, Sánchez Requejo & Ramírez Reyes (2020) en su investigación “*Taxonomía de aplicaciones y videojuegos de realidad mixta*” realizó un procedimiento para identificar la problemática que requiere la necesidad de profundizar sobre las propiedades de la RM y los objetivos a plantear para cubrir dicha necesidad; el autor recopiló distintas colecciones de información y creó un catálogo sobre algunas aplicaciones en el mercado, dispositivos y soluciones respecto a la RM (ver Tabla 2), creando con ello una taxonomía de RM y una estadística de participación para conocer un panorama de aceptación y valor comercial donde se hace uso de esta tecnología.

N°	Empresa	Nombre	Fecha de Lanzamiento	Valor Comercial (\$)	Valoración
1	Microsoft	Microsoft HoloLens Commercial Suite	2016	\$ 5,000.00	5
		Microsoft HoloLens Development Edition	-	\$ 3,000.00	4.6
2	Occipital	Bridge (Con structure sensor)	Marzo del 2017	\$ 399.00	-
		Bridge (Sin structure sensor)		\$ 279.00	-
3	Zappar	Zapbox	Julio del 2017	\$ 30.00	-
4	Lenovo	Lenovo Explorer	Octubre 17 del 2017	\$ 349.00	4
5	Acer	Acer Windows Mixed Reality Headset	Octubre 17 del 2017	\$ 399.00	4
		Acer Windows Mixed Reality Headset Developer Edition	-	\$ 299.00	3.9
6	Dell	Dell Mixed Reality	Octubre 17 del 2017	\$ 350.00	3
7	HP	HP Windows Mixed Reality Headset	Octubre 17 del 2017	\$ 329.00	3.8
		HP Windows Mixed Reality Headset Developer Edition	-	\$ 329.00	2.8
8	Samsung	Samsung Odyssey	Noviembre 6 del 2017	\$ 499.00	3.5
9	ASUS	ASUS Windows Mixed Reality Headset (HC102)	Primavera 2018	\$ 449.00	-
10	Holokit	Holokit Developer Edition	-	\$ 35.00	-
11	Magic Leap	Magic Leap One	-		-

Tabla 2. Listado de dispositivos de RM. *Sánchez Requejo & Ramírez Reyes (2020).*

La Tabla 2 muestra un listado que el autor describe sobre los dispositivos usados en la RM, marca, costos, fecha de lanzamiento y valoración.

Así mismo, muestra el crecimiento predictivo y aceptación en el mercado en un rango del año 2015 al 2024 (ver Figura 3).

América del Norte ingresos del mercado de la realidad mixta por aplicación, 2015 - 2024 (USD Millones)

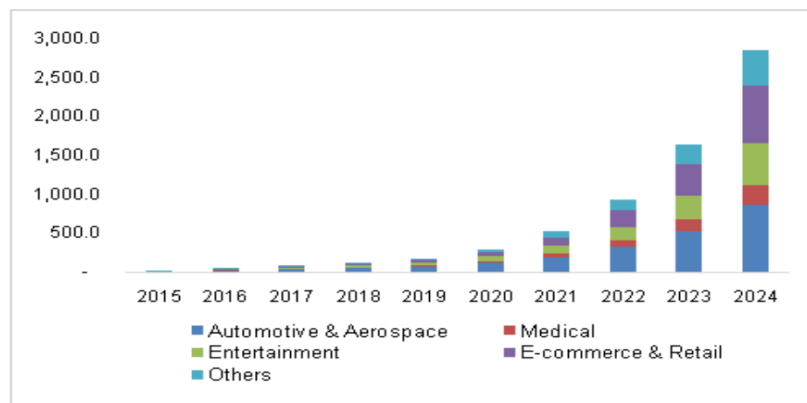


Figura 3. Predicción ingresos de RM mercado América del norte 2015-2024. Sánchez Requejo & Ramírez Reyes (2020)

La Figura 3 muestra la predicción de ingresos en América del norte y las áreas de aplicación de la RM, así como los ingresos al usar esta tecnología (millones de dólares). La taxonomía creada por el autor cuenta con 14 categorías y 18 subcategorías, dentro de las primeras categorías se encuentra la categoría de educación, la cual comprende a los aplicativos utilizados para el aprendizaje de los usuarios a través de materiales educativos virtuales. En conclusión, el autor genera a través de una clasificación y taxonomía presentada, identificando los rubros en donde dicha tecnología emergente ha tenido ámbito de acción, incluyendo los campos más destacados videojuegos y educación.

Finalmente, Baldeon Romero & Rosas Lucas (2018) en el proyecto denominado “*Realidad mixta como innovación educativa en la FIIS UNHEVAL*” presentó una investigación de los efectos de la aplicación de ERM en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú, para dar solución a un problema real dentro del mundo académico universitario. El autor crea una serie de encuestas aplicadas a una muestra del alumnado de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas. Concluyendo que el 52% de los estudiantes dice conocer dicha tecnología, mientras que el 32% la desconoce (pero la han escuchado) y el 16% nunca la había escuchado. De la misma manera, al realizar diferentes pruebas concluyen que el utilizar una aplicación de RM podría impulsar a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje aplicando esta tecnología, además, recomienda realizar un programa general para su aplicación y mejorar el potencial didáctico que permitirá representar tridimensionalmente conceptos de enseñanza, obtener experiencia y

tomar decisiones al desarrollar habilidades y destrezas en los estudiantes. Asimismo, recomienda utilizar esta tecnología en el desarrollo de las asignaturas de las ingenierías ya que permite una formación estudiantil didáctica, apoyando la enseñanza en ámbitos que pudieran representar situaciones de peligro o riesgo para los estudiantes como es el manejo de sustancias peligrosas, altas temperaturas, variables eléctricas, daño equipo, entre otras. Su investigación se basa en un análisis de distintas encuestas en la institución, por lo que su investigación es del tipo hipotética; los resultados que presenta afirman que el uso de la RM fortalecerá el proceso de enseñanza-aprendizaje de la referida Universidad.

Estas investigaciones demuestran que la RM está transformando la educación y otros sectores, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar el aprendizaje y la interacción en diversos contextos.

2.2 Estado de la Técnica

Actualmente existen diversas soluciones técnicas para la implementación de experiencias de RM. A continuación, se describen algunas de las opciones más destacadas disponibles en el mercado tanto a nivel de hardware como software.

2.2.1. Dispositivos de hardware

Microsoft HoloLens: es un dispositivo de RM autónomo desarrollado y producido por Microsoft (ver Figura 4), se encuentra dentro de la familia de gafas inteligentes, utiliza el sistema operativo Windows 10. Esta tecnología da seguimiento a imágenes por medio de su cámara, permite tanto la visión del mundo real como la del mundo virtual proyectando -a través de su pantalla de muy alta definición- imágenes multidimensionales a colores. Cuenta con una unidad de medición inercial o IMU (Inertial Measuremen Unit), también incluye un acelerómetro, giroscopio y magnetómetro, los cuales permiten a través de las cámaras, posicionar la cabeza y saber cada movimiento en todo momento. También cuenta con altavoces en ambos lados, los cuales permiten percibir el sonido en 3D dando una experiencia muy cercana a la real inclusive permiten escuchar sonidos que pudieran darse detrás de la persona además cuenta con micrófonos para manejar por comando de voz y también son manipulables a través del movimiento de las manos (Tello Beltran,

2018b). Su principal característica es que genera hologramas tridimensionales (de ahí su nombre HoloLens) dando la sensación de que el objeto creado es real, permite a los usuarios ver e interactuar con objetos digitales superpuestos en su entorno físico (Jerez Tallón, 2023).

Estos lentes especiales cuentan con las siguientes características:

- Lentes holográficos transparentes
- 2 proyectores de hologramas HD 16:9
- Calibración de distancia de manera autónoma
- Resolución holográfica de hasta 2.3 megapíxeles
- Sensor IMU
- Cuatro cámaras para comprensión del entorno
- Una cámara de profundidad
- Cuatro micrófonos
- Un sensor de luz ambiente
- Batería para hasta 2 o 3 horas de uso activo y 2 semanas en tiempo de espera
- Enfriamiento sin ventiladores

Su costo actual en el mercado en la versión 2.0 es de \$99,000.00 MXN. Los beneficios de usar estos lentes es que son una tecnología muy avanzada y compatible con las distintas plataformas como es el nativo Windows, Linux, Macintosh, móviles como Android y iOS además de que cuenta con un software especializado para crear los hologramas y es compatible con las plataformas como Unity y Unreal.



Figura 4. Microsoft HoloLens, sensores y cámaras.

La Figura 4 muestra las gafas de Microsoft llamadas HoloLens del lado izquierdo su parte frontal y del lado derecho la parte trasera. El uso de esta herramienta es compatible, cómoda, con una tecnología muy avanzada sería una muy buena opción para su uso en la RM en este caso de estudio, sin embargo, su alto costo limita su adquisición.

Magic Leap One: es un dispositivo creado por la empresa Magic Leap (ver Figura 5). Actualmente existen 2 versiones para desarrolladores de aplicaciones y para usuario. La tecnología combina modelado de escenas, reconocimiento gestual, seguimiento a objetos, diseño de objetos virtuales, etc. Cuenta con un amplio campo de visión, un diseño muy realista de tipo virtual y algo muy importante es que es de código abierto. Este dispositivo se compone de 3 partes, la primera es una pantalla llamada LightWear, una pequeña computadora y un controlador inalámbrico. Sus características principales son:

- La computadora funciona con una CPU y GPU para generar gráficos de alta calidad y usa el api OpenGL y Vulkan.
- Cuenta con 128 Gigabytes de memoria interna y 8 Gigabytes de memoria RAM.
- El control es un método de entrada conectado de forma inalámbrica para saber la posición y rotación respecto a las gafas, así como detectar si se presiona algún botón y tomar alguna decisión (ver Figura 6).
- El control cuenta con 2 botones y un gatillo que se puede activar con diferente intensidad, así como un panel táctil que puede reconocer gestos y presión.
- Cuenta con un software especializado para uso propio del mismo su sistema operativo Lumin OS diseñado para un alto rendimiento y trabajo fluido. Es un sistema de bajo nivel basado en linux con controladores compatibles con las gafas, capaz de reconocer conectividad Bluetooth, Wi-Fi, multimedia etc. También detecta la cantidad de energía con la que cuenta el dispositivo al mismo tiempo que puede detectar los movimientos y la posición del usuario, así como un sistema de audio envolvente.

La ventaja o beneficio de este dispositivo es que, el sistema operativo se va a encargar de resguardar las funciones sensibles, es decir, le va a preguntar al usuario si da permiso o no alguna función como el caso de la cámara o el micrófono. Su costo en el mercado en el tiempo actual es de aproximadamente \$2,295.00 USD, la carga

de la batería es de aproximadamente 3 horas de duración. En conclusión, el uso de este dispositivo permite al usuario tener una experiencia inmersiva al mismo tiempo que podrá utilizar otras aplicaciones incluidas en el sistema. Es compatible con la plataforma Unity y Unreal. La inmersión que proporciona puede ser de manera horizontal o vertical (donde una aplicación puede mostrarse en área vertical, mientras que otra aplicación puede mostrarse de manera horizontal dando una vista doble) dependiendo del sistema de desarrollo pudiendo mostrar una aplicación de otro tipo al mismo tiempo que se muestra la RM todo ello gracias a que se ejecuta en su propio sistema nativo Lumin OS, dejando así una más amplia gama de posibilidades. La desventaja de este dispositivo es que su adquisición no es muy comercial por lo tanto sería un poco inaccesible para el usuario final, así como también su costo que no es muy accesible (Soto Ramos, 2019).



Figura 5. Dispositivo Magic Leap One, lentes y controles.

La figura 5 muestra el dispositivo Magic Leap One y sus controles.

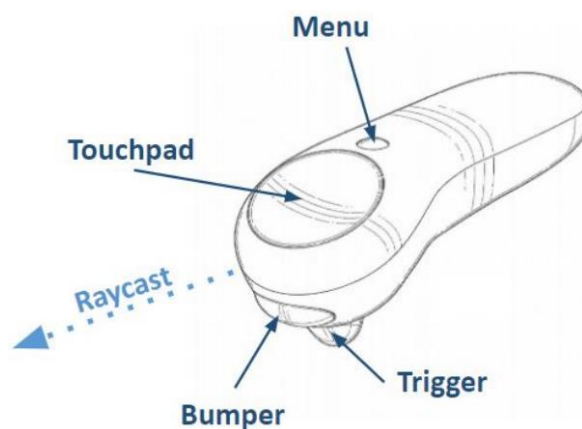


Figura 6. Controles Magic Leap One y acciones con los botones.

La Figura 6 muestra el control del dispositivo Magic Leap One y sus botones menú, touchpad, raycast, bumper y trigger.

Oculus Quest 2: es un dispositivo fabricado por Oculus perteneciente a la empresa Meta, es un dispositivo independiente que no requiere conexiones o cableados externos, ya que cuenta con hardware propio incluyendo pantalla, procesador, sensores, audífonos, etc (Carnevale et al., 2022). Permite ejecutar aplicaciones y juegos de forma autónoma, ofrece una experiencia de tipo inmersiva al poder visualizar en 3D, a través de su pantalla incorporada en cada ojo, tiene una pantalla con una resolución de 1832 por 1920 píxeles, lo que da a la vista imágenes nítidas y detalladas, además cuenta con un listado de sensores como los siguientes:

1. Acelerómetro
2. Giroscopio
3. Sensor de proximidad
4. Magnetómetro
5. Sensor de luz ambiental, etc.

Este dispositivo también admite el seguimiento de las manos, sin tener que agregar controles externos, permitiendo con ello, una libertad de movimiento y una experiencia más real o natural. Además, tiene audífonos integrados de alta gama que permite transmitir sonidos muy reales de manera inalámbrica por medio de la Wi-Fi (ver Figura 7).



Figura 7. Gafas Holográficas de Meta Oculus Quest 2.

La Figura 7 muestra los lentes Meta Oculus Quest 2, en donde se puede apreciar la estructura de estas gafas holográficas para RM y sus 2 controles inalámbricos.

Estas gafas cuentan además con características especiales como almacenamiento, memoria, entradas, cámaras, etc. cómo se pueden apreciar en la Tabla 3.

Memoria	6 GB
Almacenamiento	256 GB
Monitor	LCD 1832 × 1920 por ojo @ 72–120 Hz
Grafismo	Adreno 650 (~1.2 TFLOPS)
Sonido	2 altavoz incorporado/conector para auriculares de 3,5 mm
Entrada	Seguimiento de adentro hacia afuera 6DOF a través de 4 cámaras integradas y 2 controladores con acelerómetros y giroscopios Opcional: teclado QWERTY (a través de Bluetooth)
Entrada del controlador	Oculus Touch
Cámara	4 cámaras infrarrojas
Masa	503 g

Tabla 3. Características de Oculus Quest 2.

La Tabla 3 muestra las principales características de las gafas Oculus Quest 2, memoria, almacenamiento, monitor, sonidos, entradas y cámaras.

Google Glass Enterprise Edition: es un dispositivo portátil de realidad aumentada que ofrece información contextual en tiempo real en el campo de visión del usuario.
Lenovo ThinkReality A3: Lenovo ThinkReality A3 es un dispositivo de RM diseñado para uso empresarial, que permite a los usuarios interactuar con aplicaciones y contenido digital en su entorno de trabajo (COBUS & Steffen; HEUTEN, 2019).

2.2.2. Software

En referencia al software, existen diversas aplicaciones en el mercado tanto descargables como en línea que permiten aplicar la RM en diferentes casos de uso.

- **Microsoft Dynamics 365 Remote Assist:** es una aplicación de RM diseñada para la colaboración remota y el soporte técnico. Permite a los usuarios compartir su punto de vista con expertos remotos y recibir instrucciones en tiempo real mediante superposición de objetos virtuales en el entorno real. Para mayor referencia, la página oficial se encuentra en el siguiente enlace <https://dynamics.microsoft.com/en-us/mixed-reality/remote-assist/>
- **Wayfair Spaces:** es una aplicación de RM que permite a los usuarios visualizar muebles y decoraciones virtuales en su entorno real. Permite probar cómo se

verían los productos en su hogar antes de comprarlos. Para mayor referencia, la página oficial se encuentra en el siguiente enlace <https://www.wayfair.com/wayfairspaces>.

- **IKEA Place:** aplicación de RA que permite a los usuarios visualizar muebles y accesorios de IKEA en su entorno real. Permite probar diferentes opciones de diseño y ver cómo se verían los productos en su hogar. Para mayor referencia, la página oficial se encuentra en el siguiente enlace <https://www.ikea.com/us/en/ikea-place/>.
- **SketchAR:** una aplicación de RM que utiliza la tecnología de seguimiento de objetos para ayudar a los usuarios a dibujar y aprender a dibujar en el mundo real. Proyecta una imagen virtual en papel u otra superficie para guiar al usuario durante el proceso de dibujo. Para mayor referencia, la página oficial se encuentra en el siguiente enlace <https://sketchar.app/>.
- **Spatial:** una aplicación de colaboración remota de RM que permite a los usuarios interactuar y colaborar con objetos y personas virtuales en un entorno compartido. Permite realizar reuniones virtuales y compartir contenido de manera inmersiva. Para mayor referencia, la página oficial se encuentra en el siguiente enlace <https://spatial.io/>.

Los dispositivos revisados ofrecen grados variables de autonomía, capacidades y costo. El software existente amplía las aplicaciones prácticas de esta tecnología emergente. En conjunto, estos desarrollos demuestran el estado actual de madurez de la RM en el mercado.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Introducción

La creación de una aplicación con RM requiere un método ad hoc que garantice los resultados deseados. Para tal efecto, de manera inicial se realizará un diseño y planificación, llevando a cabo una investigación sobre las necesidades y expectativas del público objetivo, recopilando información sobre los datos que requieren visualizar usando esta tecnología. Una vez recopilada la información y definido el objetivo de la aplicación, se facilitará la toma de decisiones de manera más eficiente. El diseño conceptual de la aplicación incluirá elementos de realidad virtual y aumentada, así como las formas de interacción con el usuario. Posteriormente, se creará un prototipo preliminar para probar su funcionalidad y realizar ajustes necesarios. Esta etapa es crucial para establecer la estructura y el flujo de la aplicación. Posteriormente, se procederá al modelado en tercera dimensión y la programación y desarrollo de la aplicación. La fase de pruebas será esencial para identificar y corregir errores de funcionamiento y realizar mejoras antes del lanzamiento. Finalmente, se publicará y distribuirá la aplicación de RM utilizando códigos QR dentro de la institución para que pueda ser descargada y utilizada.

3.2. Diseño y la planificación

En esta etapa, se determinan los objetivos de la aplicación, el público objetivo y el contenido que se desea mostrar en la RM. También se planifica la estructura de la interfaz de usuario y se especifican los requisitos técnicos. Para el diseño y planificación de RM, se utilizará un enfoque centrado en el usuario (DCU), donde se involucra al usuario en el proceso de diseño para asegurar que la aplicación sea relevante y fácil de usar (Villada et al., 2022), ver Figura 8. También se aplicará un enfoque basado en el juego, donde se utilizan técnicas de diseño de juegos para crear experiencias de RM atractivas y motivadoras (Tello Beltran, 2018b). Se considerará el hardware y software necesario para la aplicación, los requisitos de espacio y movimiento del usuario, así como la seguridad y privacidad (Villada et al., 2022).

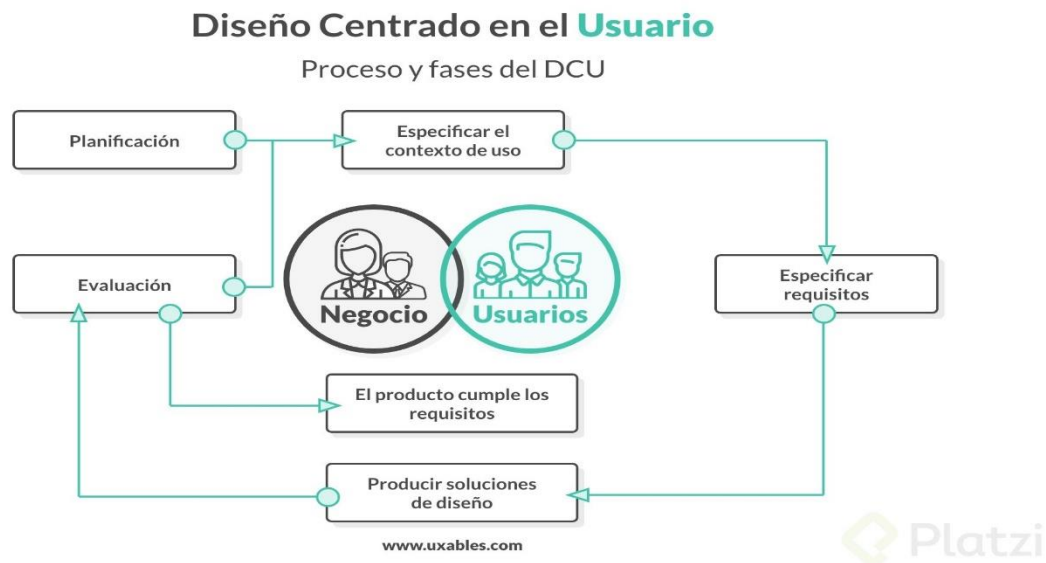


Figura 8. Diseño centrado en el usuario (DCU).

La Figura 8 muestra el proceso y fases del Diseño Centrado en el Usuario.

3.3. Modelado 3D

Es una herramienta básica en la creación de experiencias de RM. El modelado 3D va a permitir crear objetos virtuales y escenarios que pueden ser integrados en la realidad física a través de dispositivos de RM. Estos modelos 3D se utilizan para generar la información necesaria para la visualización en tiempo real y la interacción con el usuario. Existen varios software de modelado 3D que se utilizan para crear contenido para RM. Algunos ejemplos incluyen Autodesk Maya, Blender, SketchUp, y 3D Studio Max. En el caso particular del proyecto se tiene proyectado el uso del software SKETCHUP; este software ofrece una variedad de herramientas y técnicas para crear y editar modelos 3D, así como para animarlos y exportarlos en formatos compatibles con dispositivos de RM. En cuanto a la metodología para crear modelos 3D para RM, se usará el enfoque basado en el prototipo, donde se crea un modelo 3D rápido y se mejora iterativamente (Martín García, 2019).



Figura 9. Herramientas disponibles, etapa de modelado.

La Figura 9 muestra las distintas herramientas para el diseño y desarrollo de las distintas realidades RV, RA y RM.

3.4. Programación y desarrollo

La programación y desarrollo son las etapas principales para crear experiencias interactivas y enriquecedoras. La plataforma UNITY principalmente, implementa los lenguajes de programación C++ y JavaScript. También se utilizan herramientas de desarrollo de software (ver Figura 10) para crear contenido y aplicaciones como Vuforia, ARToolKit, y HoloLens ya que estas herramientas proporcionan un conjunto de funciones y características específicas para el desarrollo de RM: detección de marcas, reconocimiento de gestos, y seguimiento de posición (Cuéllar-Rojas et al., 2021).



Figura 10. Herramientas etapa de programación y desarrollo.

La Figura 10 ilustra las herramientas disponibles en la etapa de programación y desarrollo como Unreal, Unity, Vuforia, HoloLens2, ARtoolkit, Meta Quest 2, JavaScript y C++.

3.5. Pruebas y depuración

Pruebas y depuración: en esta etapa se garantiza que funcionen correctamente las partes y se ofrezca una experiencia de usuario satisfactoria. Las actividades contempladas en esta etapa son:

- Pruebas de usuario: se llevan a cabo para evaluar la usabilidad y la aceptación de las aplicaciones de RM por parte de los usuarios finales. Estas pruebas las realizarán grupos de usuarios seleccionados y se utilizan para recopilar comentarios y sugerencias para mejorar el diseño y la funcionalidad de la aplicación.
- Pruebas de rendimiento: se llevan a cabo para medir el rendimiento de las aplicaciones de RM en términos de velocidad, estabilidad y fiabilidad. Estas pruebas se realizarán utilizando la herramienta de medición de rendimiento llamada Xperf, para recopilar datos sobre el rendimiento de la aplicación y detectar cuellos de botella.
- Depuración: se lleva a cabo para identificar y corregir errores en el código de las aplicaciones de RM. Para ello se usará Visual Studio, para detectar y solucionar errores en el código y mejorar la estabilidad de la aplicación.

3.6. Publicación y distribución de la aplicación

Publicación y distribución de la aplicación: en esta etapa se tiene contemplado dos opciones.

- Desarrollo de software personalizado: esta estrategia de publicación permite tener más control sobre la distribución y monetización de las aplicaciones.
- Tiendas en línea: inicialmente se pretende publicar en Google Play y posteriormente en Apple App Store (ver Figura 11). Ya que proporcionan una plataforma fácil de usar para publicar las aplicaciones y para los usuarios para descargarlas.

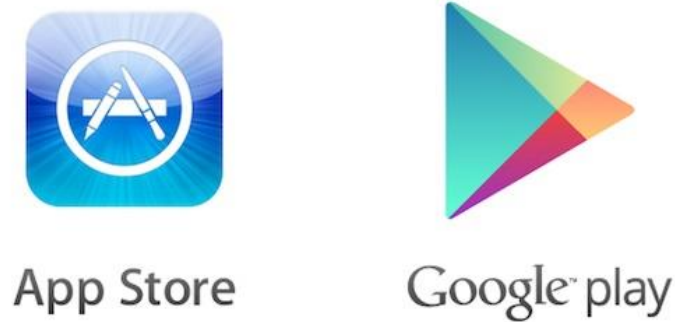


Figura 11. Principales tiendas de Aplicaciones.

La Figura 11 alude a las principales tiendas de aplicaciones a nivel mundial, para la etapa de publicación y distribución de la aplicación.

3.7. Acceso a la RV en los dispositivos móviles

Impresión de códigos QR para el acceso a la RV en los dispositivos móviles: se imprimirán distintos códigos QR (ver Figura 12) los cuales estarán disponibles en espacios de fácil acceso dentro de la institución, para que los usuarios puedan tener información acerca de la aplicación y puedan acceder a la RV del edificio E (Centro de Cómputo), de la institución.



Figura 12. Acceso a la aplicación a través de códigos QR.

La Figura 12 muestra el proceso para acceder a la aplicación escaneando un código QR.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD MIXTA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZITÁCUARO

4.1. Contexto de implementación

Para el desarrollo de la aplicación de RM destinada a los usuarios locales y visitantes del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, se planteó un diseño que permite conocer de manera atractiva, inmersiva y tecnológica los laboratorios e instalaciones del instituto. El diseño ayuda a realizar prácticas de laboratorio y localizar áreas importantes dentro del campus y proporciona información actualizada sobre departamentos, talleres, oficinas y espacios educativos. La tecnología aplicada en esta solución ofrece una experiencia única al usuario, permitiéndole conocer la institución de una manera innovadora.

El contenido a mostrar dentro de la aplicación es, por lo pronto, de tipo informativo el cual podrá visualizar de manera virtual. De manera inicial se tiene como plan piloto el edificio de Centro de Cómputo, éste es un edificio central de instituto y uno de los 13 que conforman la fracción A. También se proporciona información sobre el nombre del edificio y qué áreas o carreras se trabajan en él, además de mostrar departamentos, Jefes de Departamento y áreas de interés. Se pretende visualizar de manera mixta información holográfica en tiempo real sobre datos importantes actualizados del mismo, pudiendo por medio de las cámaras del dispositivo ver de manera física el edificio y de manera holográfica o virtual la información disponible.

La interfaz de usuario propuesta pretende ser de manera sencilla, otorgando al usuario la oportunidad de cambiar entre realidad virtual y realidad aumentada o la combinación de ambas para tener una experiencia informativa del edificio del Centro de Cómputo, de esta forma al ser una interfaz minimalista, permitirá una visita por medio de las gafas llamadas Meta Quest 2 y 3 el contenido.

Para realizar esta aplicación, se requieren gafas para RM Meta Quest 2 o 3 con al menos 128 GB de almacenamiento y 4-8 GB de RAM, un cable de conexión tipo C versión USB 3.0 o superior, una computadora de escritorio con al menos 16 GB de RAM, un disco duro o SSD de 1 TB, un procesador de 8 núcleos o más con acelerador de gráficos, una tarjeta gráfica de al menos 8 GB, una pantalla plana de más de 32 pulgadas, un regulador o Nobreak para supresión de picos, audífonos tipo Gamer y diversos software como SketchUp versión 2016, Unity Hub versión 3.5 o posterior,

Unity versión 2019 o posterior, Meta Quest para escritorio y celular, SideQuest y una impresora para imprimir códigos QR.

El Software más apropiado es SketchUp para el diseño 3D, V-Ray para el renderizado, Unity como plataforma de desarrollo de la aplicación de RM y los plugins necesarios para cada tecnología (RV, RA y RM).

4.2. Modelado

Para el desarrollo de la aplicación de RM se llevaron a cabo las siguientes fases:

Modelado 3D: Para el proceso de diseño del entorno en 3D, se utilizó la herramienta llamada SketchUp versión 2016 (ver Figura 13) ya que esta versión permite la importación del objeto diseñado en 3D ya sea un edificio, una cancha u otro elemento a la plataforma Unity sin ningún problema. Así mismo se usaron elementos gratuitos como árboles, bancas, flores, etc. descargados de la tienda de SketchUp llamada 3D Warehouse (ver Figura 14). Con el fin de agilizar el desarrollo ya que estos elementos pequeños con muchos detalles como lo es un árbol o una flor que podría retardar mucho el diseño.

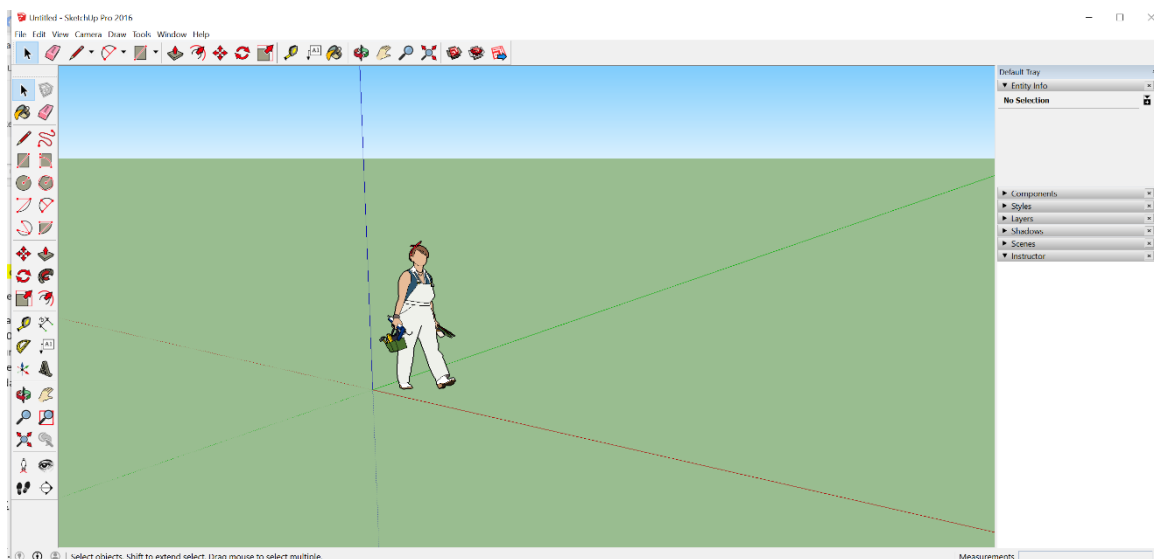


Figura 13. Entorno de diseño SketchUp versión 2016.

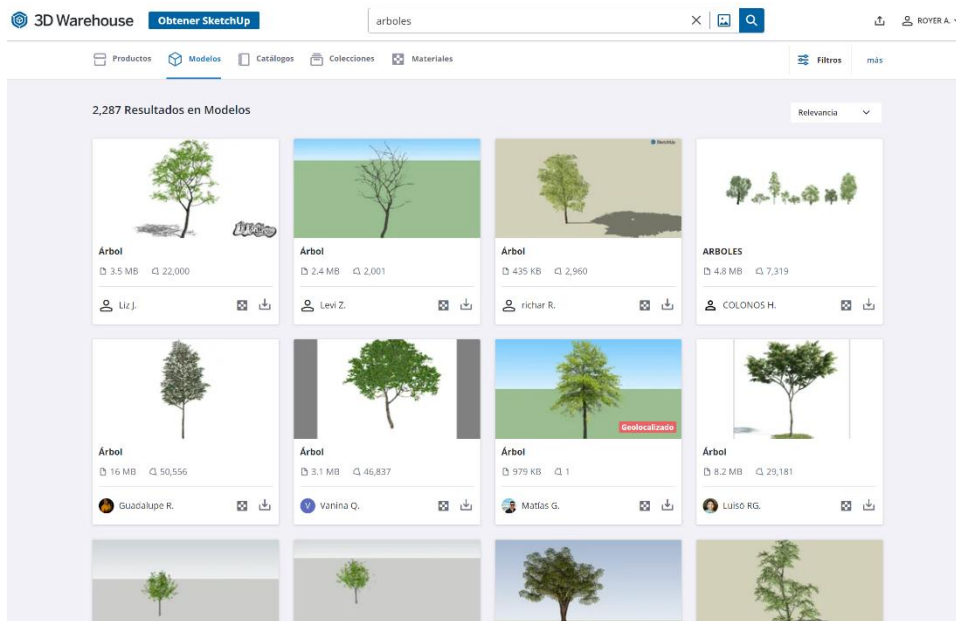


Figura 14. Página de descarga de modelos 3D. Warehouse.

Las Figuras 13 y 14 respectivamente muestran el entorno de diseño de figuras en 3D y la tienda de descarga de objetos prediseñados de SketchUp.

Para la realización de los diseños 3D en la herramienta SketchUp primero se realizó un recorrido físicamente por la institución tomando fotos de cada edificio por cada lado del mismo para poder clasificar en carpetas y de esta forma iniciar el diseño en la herramienta SketchUp, ver Figura 15.

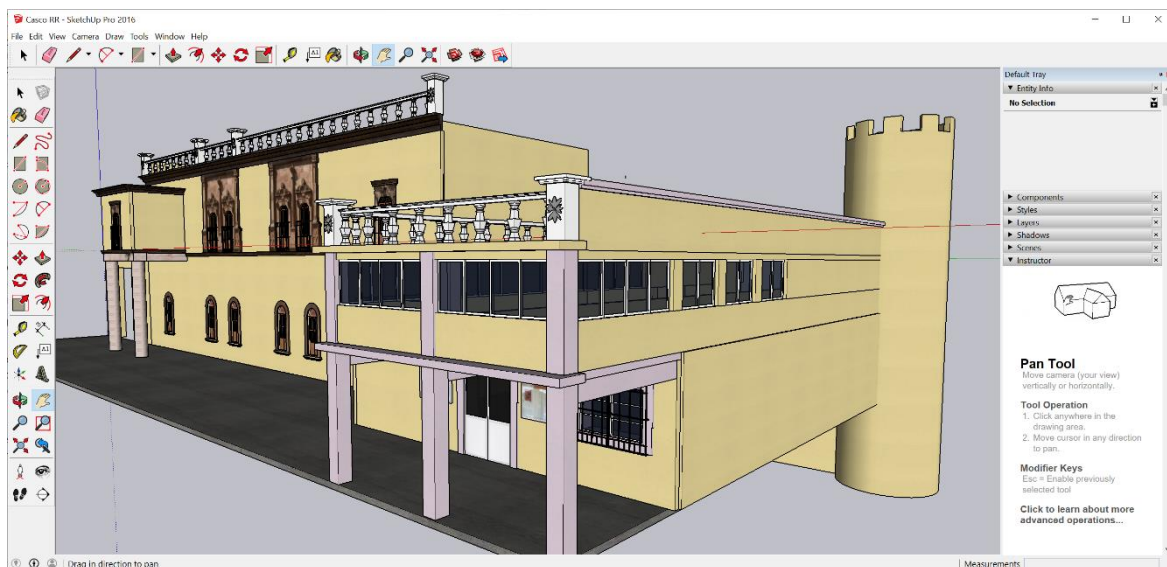


Figura 15. Diseño de edificio en SketchUp 2016.

La Figura 15 muestra el diseño de un edificio conocido como casco viejo (emblema institucional) en SketchUp 2016.

Posteriormente por medio de un plugin llamado V-Ray se realizó el renderizado o alisamiento de cada edificio, después se resguardó cada modelo en la versión 2016 que permite su importación sin ningún detalle a la plataforma Unity (ver Figura 16).



Figura 16. Acomodo de edificios 3D de en Unity.

La Figura 16 muestra la distribución de cada edificio ya diseñado en el área de trabajo de Unity. Cabe señalar que el diseño en 3D será usado para la presentación de la realidad virtual del recorrido únicamente por la parte externa de los edificios, asimismo cuando se requiera podrá ser mostrado como parte de la RM al pedir información de algún edificio en particular. Unity permite en su entorno ir agregando modelos en tercera dimensión para mezclarlos con la realidad.

4.3. Programación y Desarrollo

Para la programación y desarrollo esta fase se divide en dos partes: la primera es el desarrollo y programación de la realidad virtual, la segunda es la programación y desarrollo de la realidad aumentada y al final se unirán ambas para crear la RM.

4.3.1. Realidad virtual

Para la realidad virtual se usa Unity-Hub el cual permite la creación de proyectos y la elección de la plataforma Unity en la versión requerida. Así mismo permite seleccionar

el tipo de proyecto ya sea en 3D, 2D, URP, RV, RA o RM, los cuales son específicos para cada tipo de aplicación (ver Figura 17).

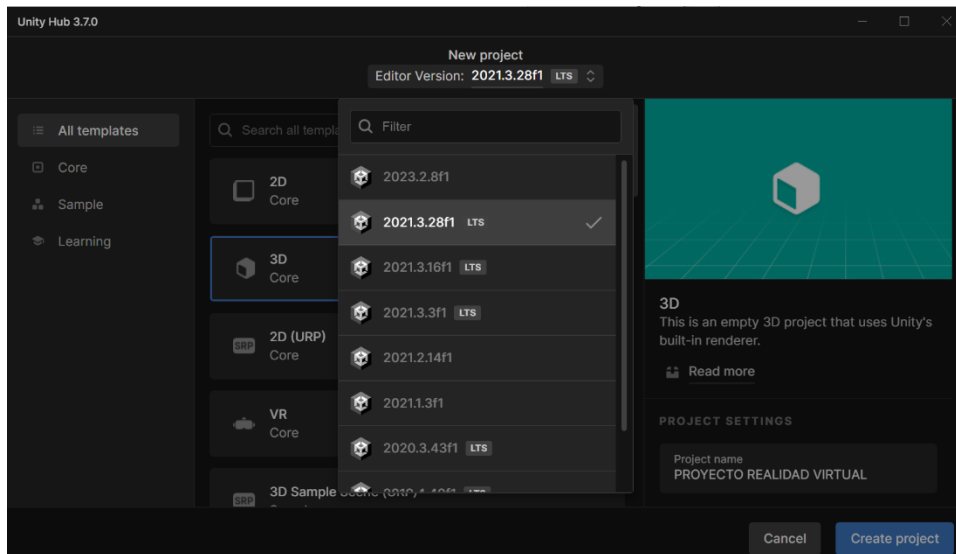


Figura 17. Unity Hub, concentrador de proyectos Unity.

En la Figura 17 se aprecia la herramienta Unity Hub la cual permite seleccionar el motor de desarrollo y la versión apropiada para cada proyecto.

En la aplicación de Unity Hub se selecciona la versión de Unity deseada. La opción 3D URP siglas de *Universal Render Pipeline* incluye la configuración necesaria para crear una aplicación de RV y la compatibilidad para poder exportar la aplicación creada hacia múltiples plataformas como Android, IOS, Windows, Linux, WebGL y META Quest para las gafas de RV, RA y RM, se usa un template como estructura para iniciar la creación de la aplicación de RV (ver Figura 18).

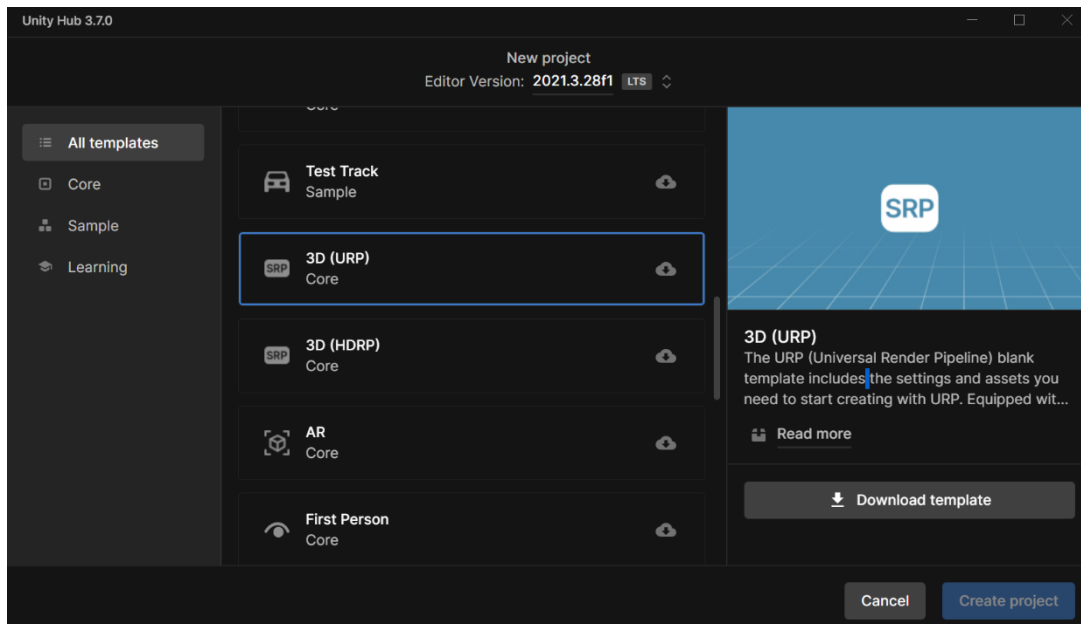


Figura 18. Selección de proyecto en Unity Hub.

La Figura 18 muestra la selección del tipo de renderizado a utilizar en la realización de este proyecto en este caso URP. Dentro de la plataforma se carga la escena del template con la configuración básica para la RV, ver Figura 19.

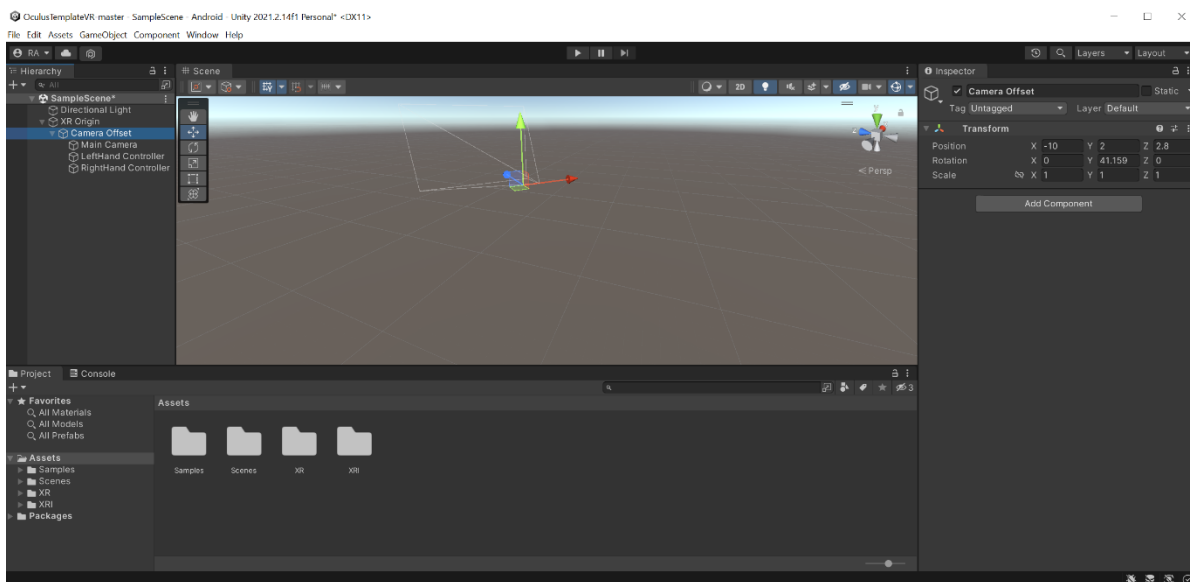


Figura 19. Estructura del template de RV.

En la Figura 19 se aprecia cada componente y estructura del template a utilizar para la aplicación RV.

4.3.1.1. Configuración de RV en Unity

Uso del plugin llamado *XR Interaction toolkit* el cual contendrá una escena con las configuraciones necesarias para la utilización de los controles y el acceso a Meta Quest, ver Figura 20.

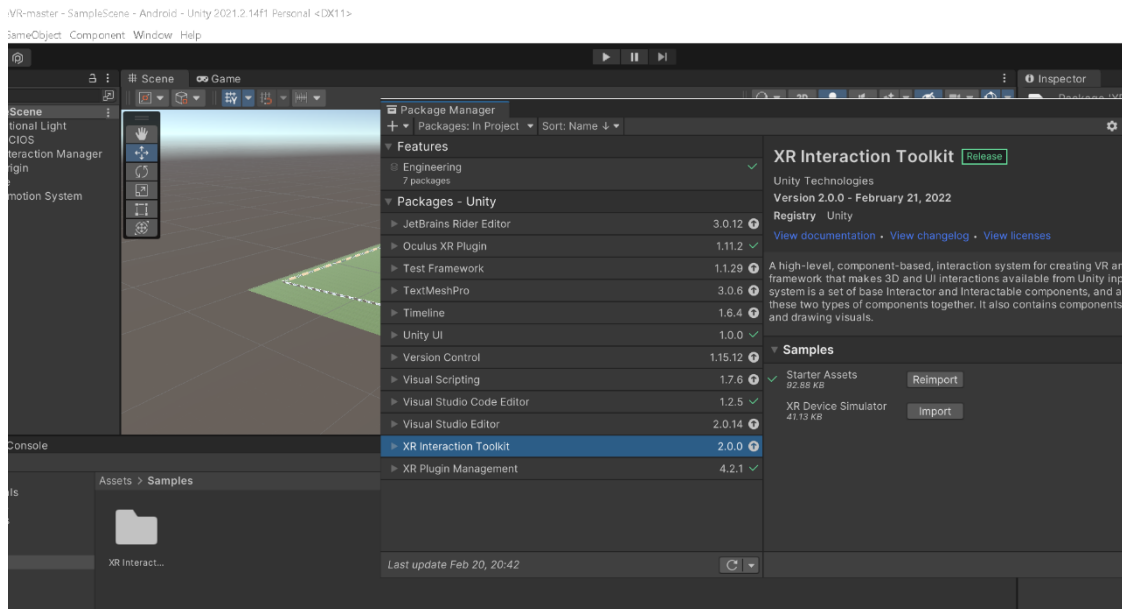


Figura 20. Plugins necesarios creación de RV en Unity.

La Figura 20 ilustra el listado de plugins a instalar para la creación de la RV en Unity.

Selección de plugin (*XR plug-in Management*) compatible con Oculus Quest. Ver Figura 21.

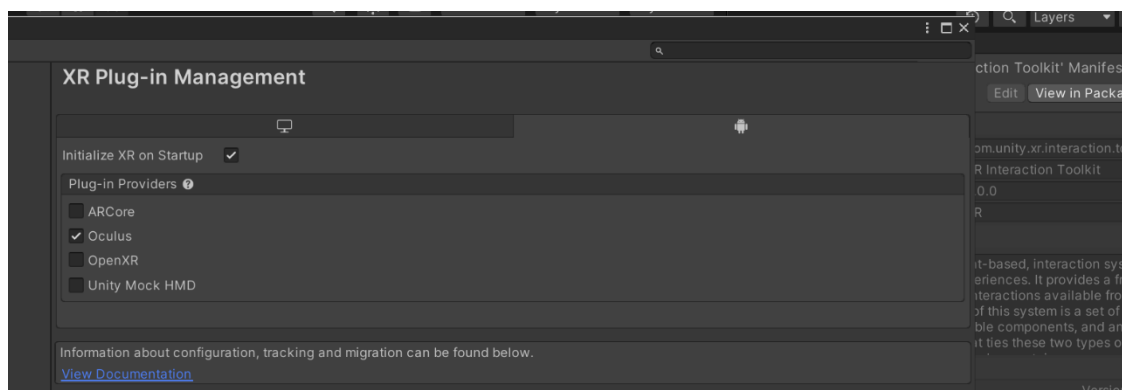


Figura 21. Plugins especiales para las gafas de RV Meta Quest.

En la Figura 21 se puede apreciar la selección de los plugins necesarios y óptimos para la compatibilidad de las gafas en Unity.

Cambio de plataforma de default a Android debido a que Meta Quest es compatible con las extensiones APK, SDK de Android preinstalado, ver Figura 22.

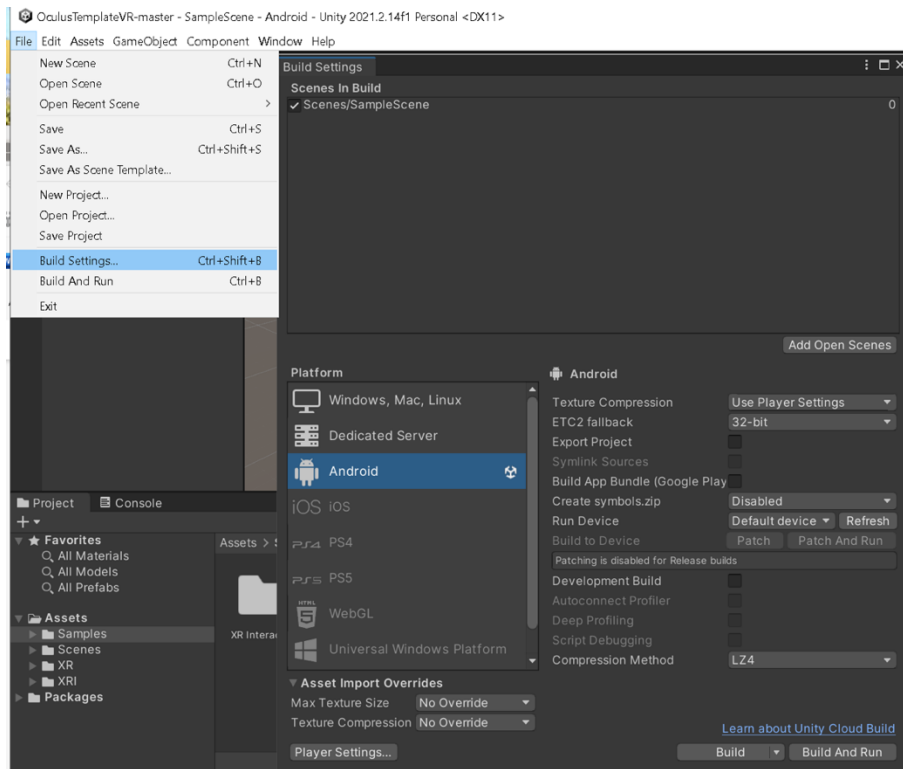


Figura 22. Selección de plataforma de desarrollo Android.

En la Figura 22 se hace cambio de plataforma a Android compatible con las gafas.

Agregando elemento *locommotion system* (ver Figura 23), este elemento va a permitir usar los controles izquierdo y derecho del dispositivo Meta Quest.

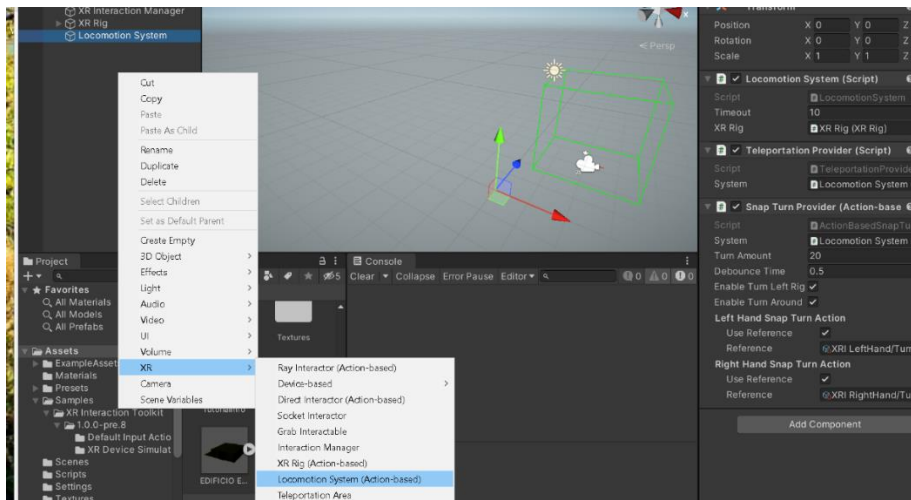


Figura 23. Uso de controles físicos de Meta Quest.

La Figura 23 hace alusión al agregado de un método llamado *Locomotion System* encargado de poder usar los controles de las gafas.

Uso del elemento XR ring, ver Figura 24. Esto permite que el elemento *XR ring* trabaje con la cámara la cual se encuentra dentro del objeto *X ring*, esta cámara será la que visualizará y mostrará en las gafas de Meta Quest lo que esté frente a ella.

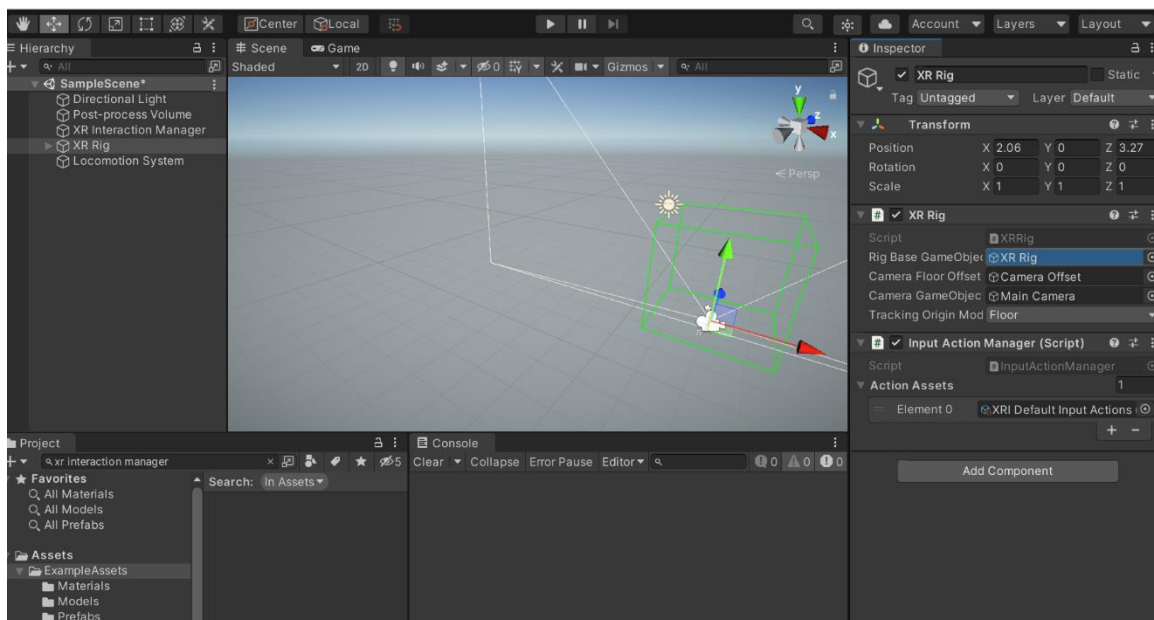


Figura 24. Elemento *XR Ring* en la cámara que visualizara todo el entorno.

En la Figura 24 se puede apreciar cómo se agrega el elemento XR Ring quien se encargará de configurar la cámara virtual y poder visualizar el contenido virtual.

Agregando plano o terreno para posicionar o simular el piso donde la persona podrá posicionarse virtualmente y caminar o recorrer con las gafas el entorno, ver Figura 25.

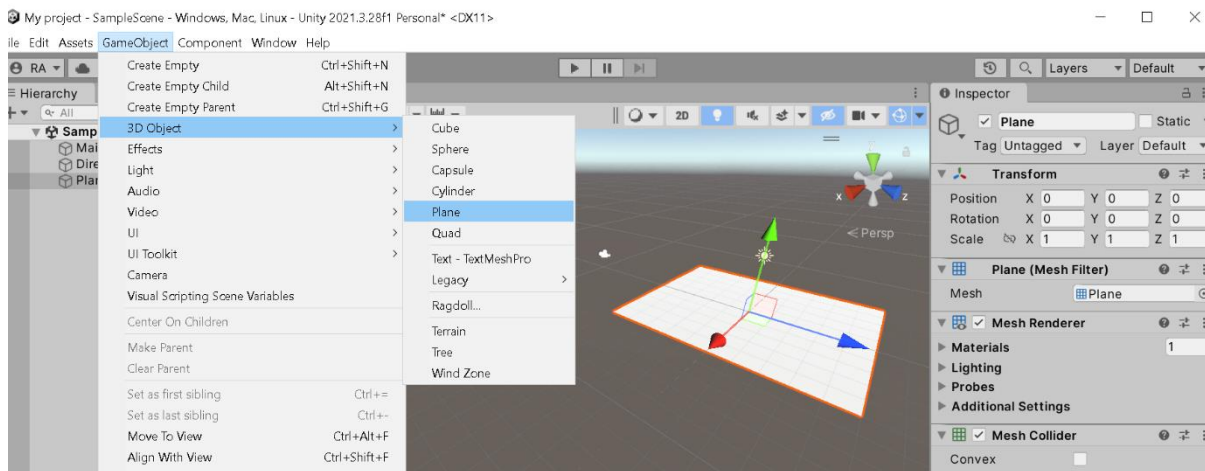


Figura 25. Plano delimitante, zona de tele-transportación.

La Figura 25 muestra el agregado del plano para delimitar y teletransportarse.

4.3.1.2. Inserción de edificios

Se agrega los elementos en 3D (los edificios), el plano agregado va a servir como base para colocar los edificios encima de él y no se vayan al vacío; también servirá como base para poder teletransportarse y caminar con las gafas de Meta Quest, únicamente dentro de su contorno.

Se agrega cada elemento con la *extensión* .SKP perteneciente a la aplicación de diseño SketchUp versión 2016 la cual convierte los diseños en 3D, en objetos manipulables sin ningún problema en esta versión en Unity, ver Figura 26.

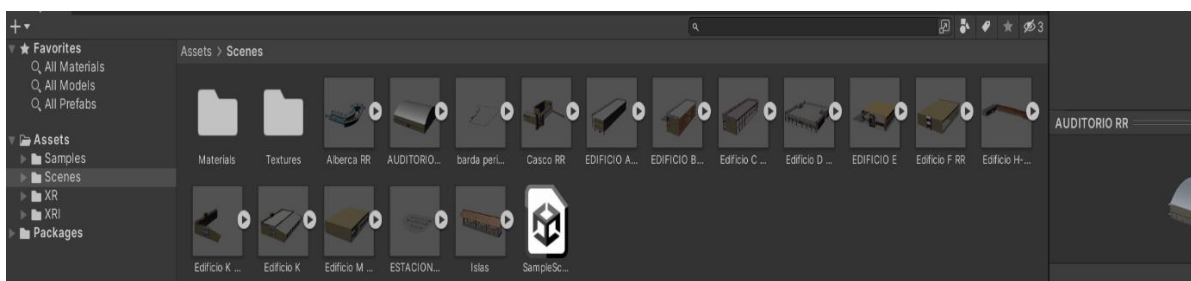


Figura 26. Inserción de los edificios al proyecto.

La Figura 26 muestra la inserción de cada edificio al proyecto.

Los edificios deben tener texturas especiales con la opción *Legacy* para cargar las texturas y colores exactos del modelo, ver Figura 27.



Figura 27. Activando texturas nativas de cada modelo 3D.

En la Figura 27 se puede apreciar la configuración de las texturas adecuadas para cada edificio 3D para que conserven sus colores y acabados usando la opción *Legacy*.

4.3.1.2.1 Colocación de edificios

Acomodar de acuerdo al plano en conjunto proporcionado por la institución en las 3 orientaciones X, Y, Z, como se muestra en la Figura 28.

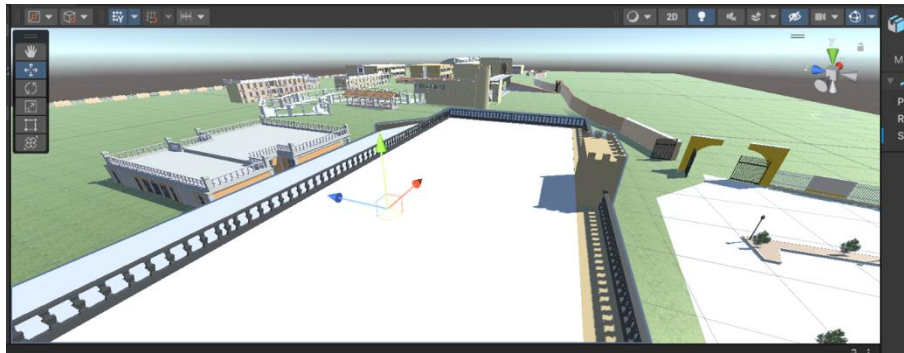


Figura 28. Distribución de los edificios.

La Figura 28 ilustra la distribución de cada edificio en el plano usando la herramienta de movimiento de objetos para poder ser visualizado.

4.3.1.3. Construcción de la aplicación RV

Construcción de la aplicación para poder ser ejecutada en las gafas de realidad virtual Meta Quest 2, ver Figura 29.

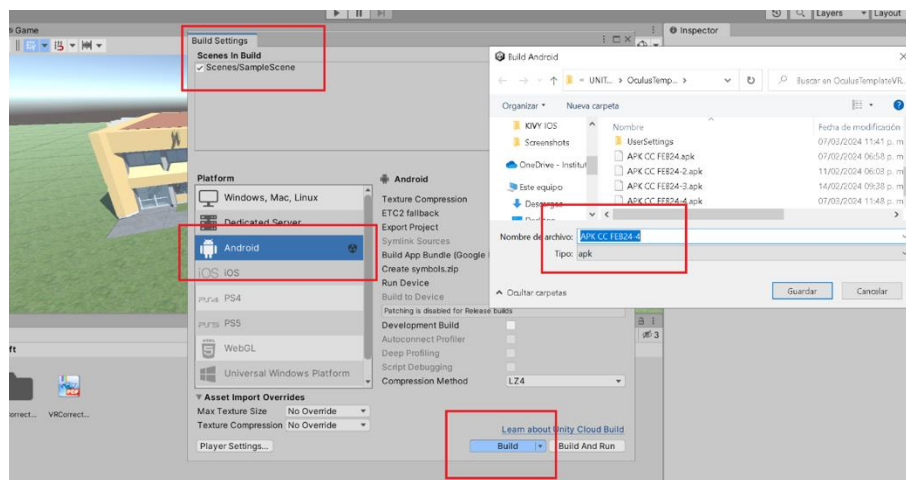


Figura 29. Construcción de la aplicación en Unity para Quest 2 y 3.

La Figura 29 muestra la construcción de la aplicación en formato APK para Android y compatible con Meta Quest 2 y 3. Configurar las gafas en modo desarrollador. Consultar el **Anexo A y B**.

4.3.1.4. Instalación de la aplicación en el dispositivo

Instalación de la aplicación creada en Unity en el dispositivo Meta Quest usando un software externo llamado *SIDEQUEST* el cual permite conectar el dispositivo Meta

Quest y la computadora accediendo a las carpetas internas e instalar la aplicación, ver Figura 30.

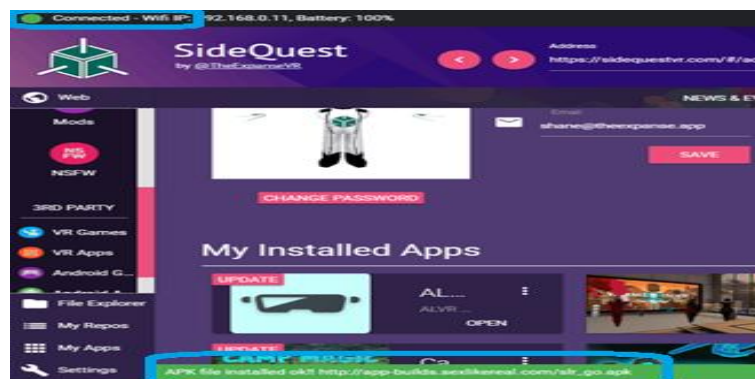


Figura 30. Instalación de la aplicación en Meta Quest 2 usando SideQuest.

La Figura 30 alude a la instalación de la aplicación en el dispositivo Meta Quest usando la herramienta SideQuest, dando instalación satisfactoria.

4.3.1.5. Uso de la aplicación de RV en las gafas

Accediendo a las gafas en la opción *ORÍGENES DESCONOCIDOS* (ver Figura 31) se puede acceder a las aplicaciones externas (instaladas por el usuario desarrollador).

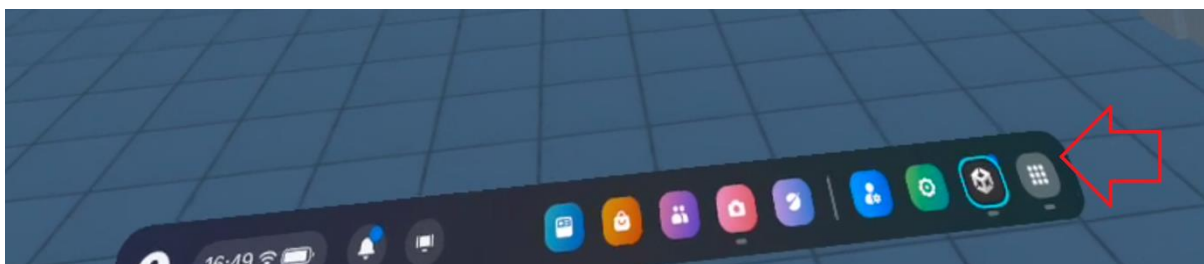


Figura 31. Acceso a las aplicaciones instaladas en el dispositivo.

La Figura 31 muestra la forma de visualizar la aplicación creada usando la opción de orígenes desconocidos.

4.3.1.6. Pruebas de RV en las gafas

En las gafas se pueden apreciar el Edificio Centro de Cómputo, donde se realizaron las distintas pruebas de funcionamiento, ver Figuras 32, 33 y 34.



Figura 32. Prueba Área de Llegada al centro de cómputo.

La Figura 32 muestra como se ve la aplicación de RV en las gafas, en el área de llegada al centro de cómputo,



Figura 33.Entrada al centro de cómputo

La Figura 33 muestra la entrada al centro de cómputo donde se puede ingresar caminando con las gafas.



Figura 34. Centro de cómputo por dentro.

La Figura 34 muestra una sala dentro del centro de cómputo, donde se puede apreciar sillas, mesas y equipo de cómputo.

Las pruebas y depuración se irán realizando de acuerdo con las detecciones de fallas o errores.

4.3.2. Implementación de Realidad Mixta

Selección de tipo de dispositivo para el proyecto en Unity de RM, habilitando la opción *Oculus*, para poder habilitar la utilización de RM y poder utilizar las cámaras externas del dispositivo en ese caso *Oculus Quest 3*, ver Figura 35.

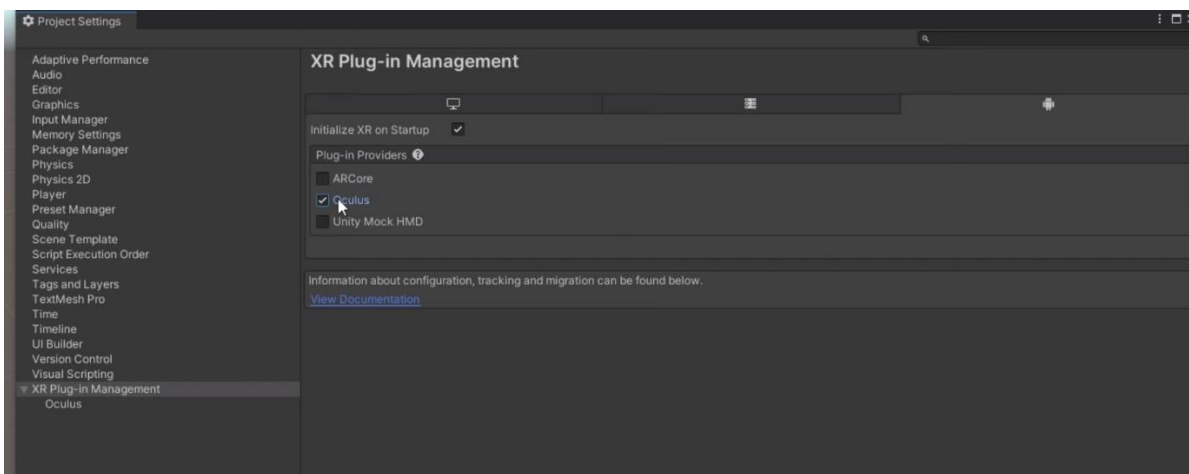


Figura 35. Selección de dispositivo para RM en Unity.

En esta Figura 35 se muestra la forma correcta de elegir el tipo de dispositivo en el *project settings* de Unity.

4.3.2.1. Configuración de RM en Unity

Cambio de plataforma de default a Android para poder crear un *Build* de la aplicación para poder instalar en el *Meta Quest 3*, ver Figura 36.

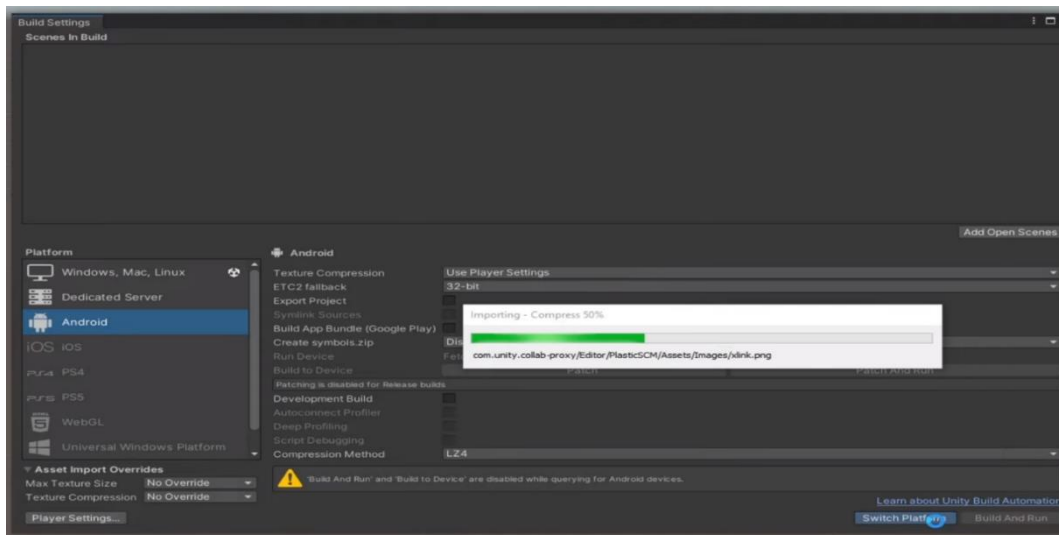


Figura 36. Cambio de plataforma a Android.

La Figura 36 ilustra el cambio de plataforma a Android para poder crear la aplicación con sistema compatible con las gafas, normalmente la plataforma por default es Windows.

4.3.2.2. Instalación de plugins de RM

Descarga e instalación de *Meta XR ALL IN ONE SDK*, paquete que incluye todos los SDK de la plataforma en un solo archivo lo que cual va a permitir que de manera sencilla se instalen todos los paquetes necesarios para trabajar con RM en el dispositivo y en Unity permitiendo la interacción con objetos el uso de la cámara, el renderizado así como la utilización de distintos *prefabs* que son objetos prefabricados para facilitar la el diseño de la aplicación, ver Figura 37 y 38.

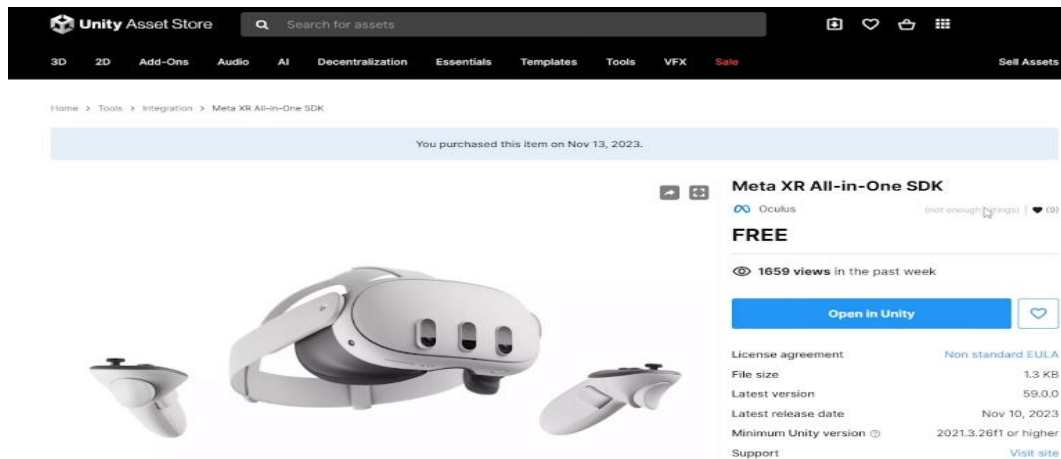


Figura. 37. Plugins necesarios RM (Meta XR All in One SDK).

En la Figura 37 se muestra la selección y descarga de los plugins necesarios para poder trabajar con la RM, Meta XR All in One SDK posee todo lo necesario para iniciar la RM.

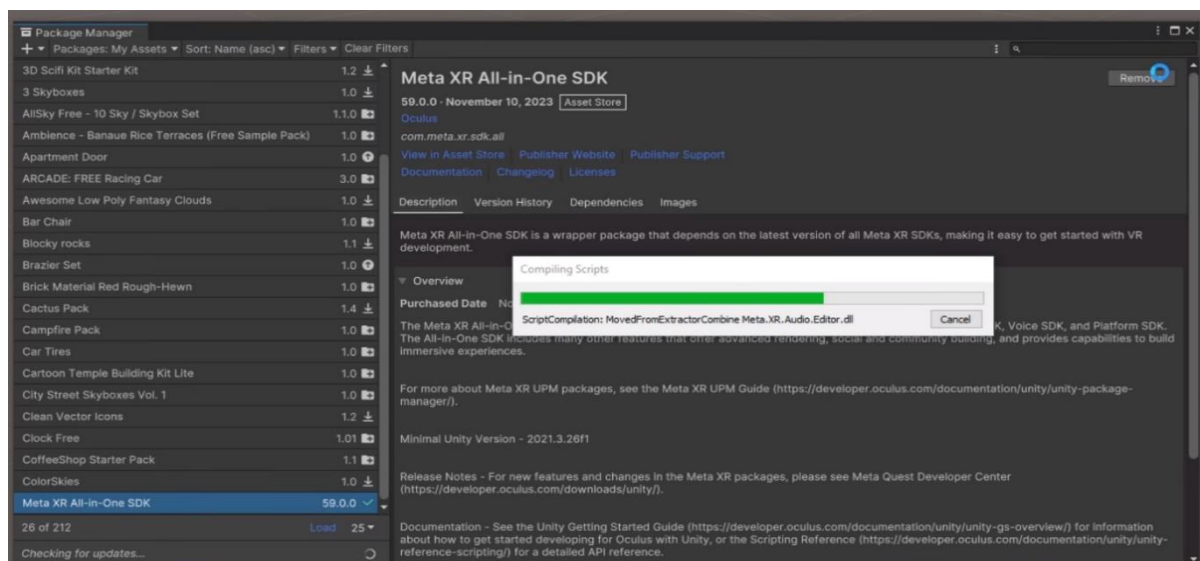


Figura 38. Instalación en Unity de plugins necesarios.

En la Figura 38 se aprecia la instalación de los plugins necesarios retomados de la descarga *Meta XR All in One SDK*.

4.3.2.3. Corrección de errores y configuración

Corrección de errores y aplicaciones de configuración óptimas, *Fix All* y *play all* arregla de manera automática los errores y aplica las configuraciones óptimas para el desarrollo, ver Figura 39.

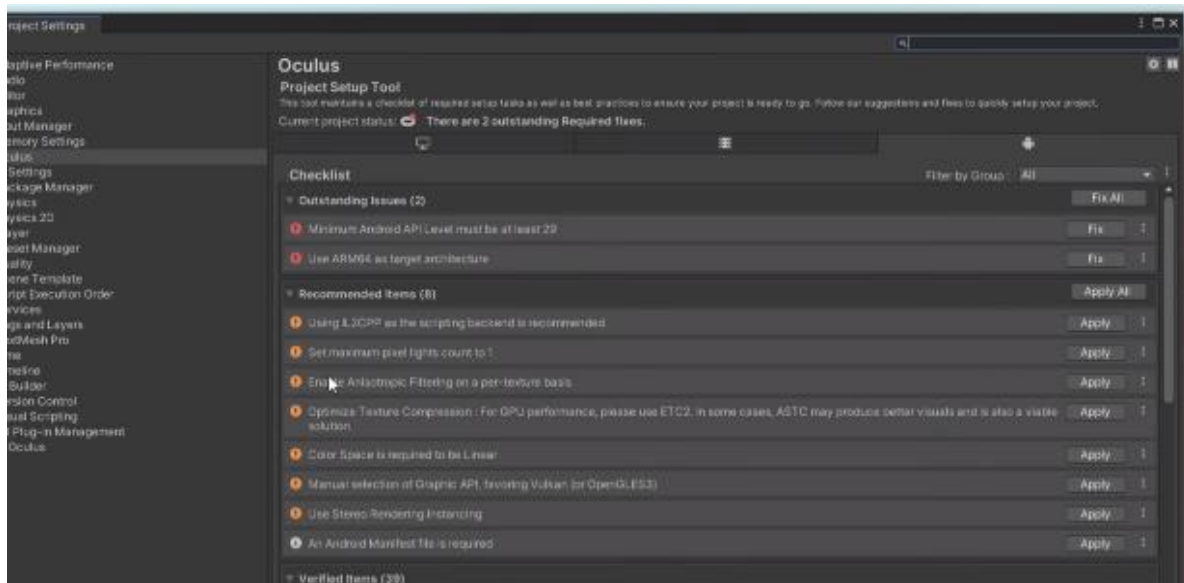


Figura 39. Corrección de errores y optimización para Quest en Unity.

La Figura 39 ilustra la corrección de errores y optimización de la aplicación para dispositivos Oculus (Meta Quest).

4.3.2.4. Modelos de RM usando Building Blocks

Usando la opción *Building blocks* se pueden agregar los distintos elementos disponibles para la RM desde cámaras *background models and tracking* así como prueba directa con objetos y físicos de manos, etc., ver Figura 40.

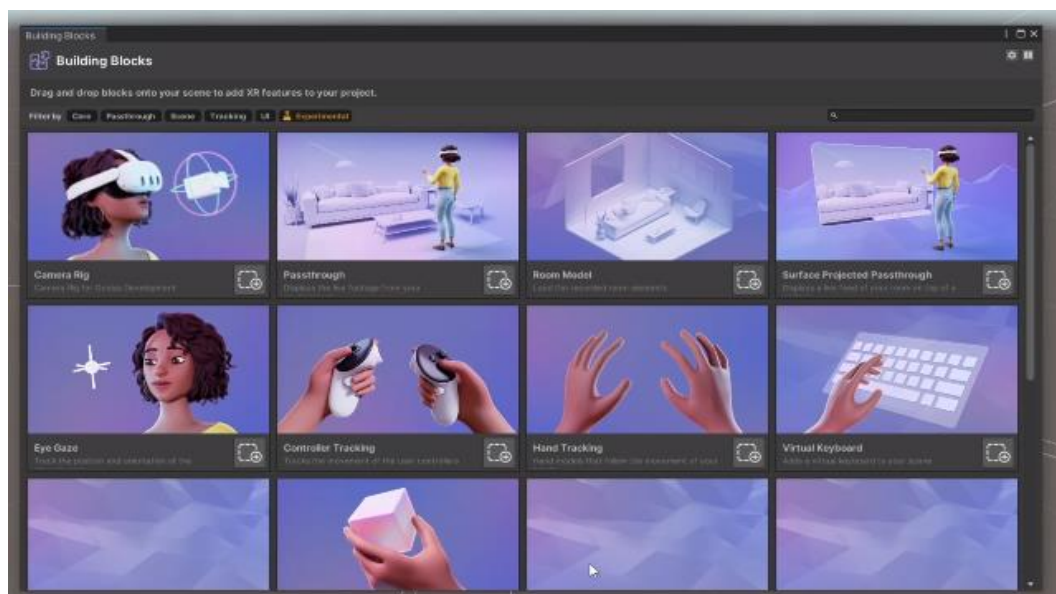


Figura 40. Agregado de elementos de RM usando *Building blocks*.

En la Figura 40 se aprecia como por medio de la función *Building blocks* se puede agregar elementos de RM de manera más sencilla y práctica.

Activando Passthrough.

Passthrough es el paso a través en la que Unity detecta la transparencia por medio de las cámaras y puede interpretar si esta en RV o mixta, se habilita para poder cambiar entre una tecnología y la otra, ver Figura 41.

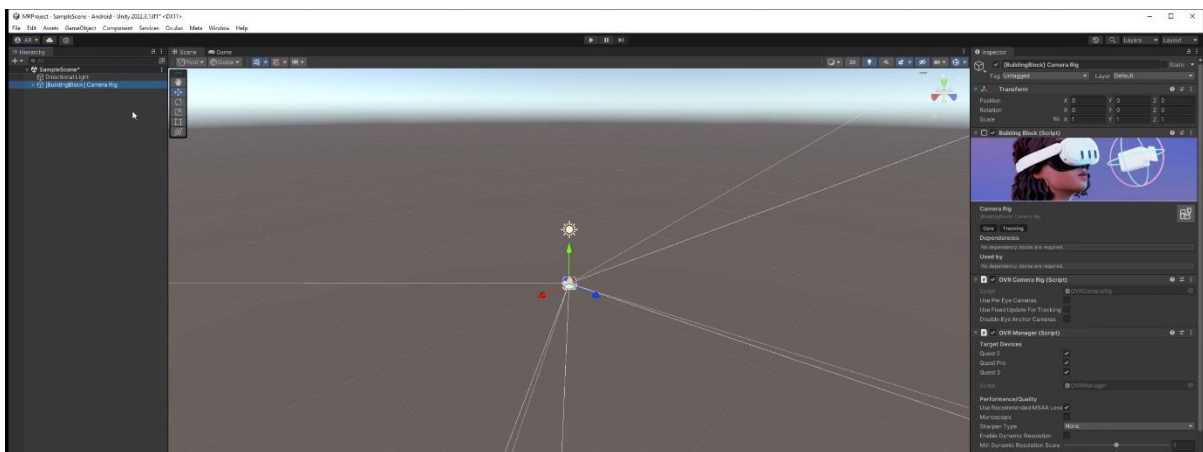


Figura 41. Configuración de la cámara para usar Passthrough.

En la Figura 41 se aprecia la habilitación de la cámara para usar *PASSTHROUGH* que es básicamente la conexión entre las cámaras virtuales y las cámaras físicas del dispositivo.

Hand tracking controles

Agregando *Hand tracking* controles para poder utilizar las manos en el sistema de bloques y agregar el *tracking Controller* para poder utilizar los controles con las manos, ver Figura 42.

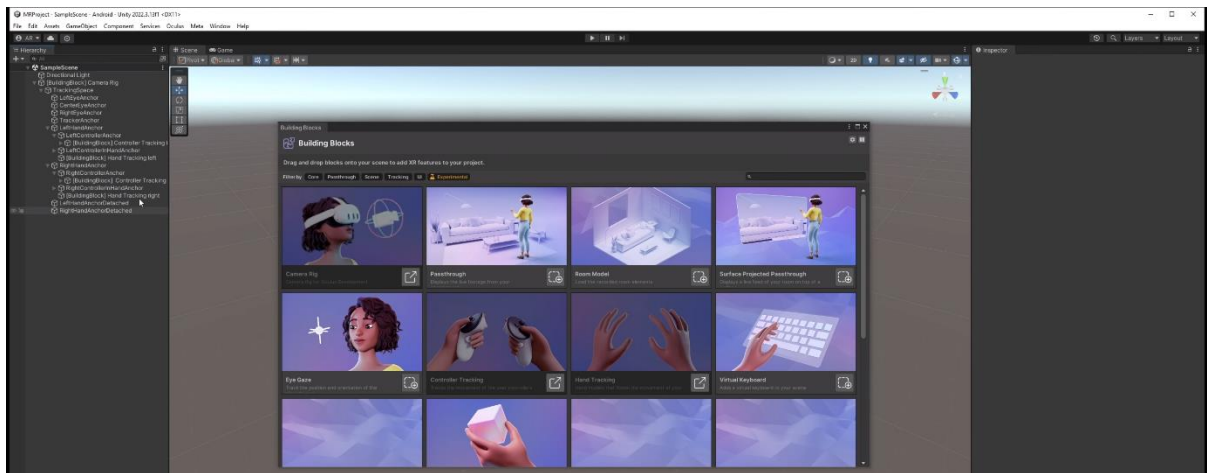


Figura 42. Hand tracking para usar las manos sin controles.

En la Figura 42 se puede apreciar el agregado por medio de bloques el Hand tracking para poder usar las manos en lugar de los controles.

4.3.2.5. Agregado de prefabs y edificios

Agregando elementos 3D con la opción *Drag and drop*, y configurando texturas en la opción *Legacy* para que las texturas salgan a colores originales, ver Figura 43.

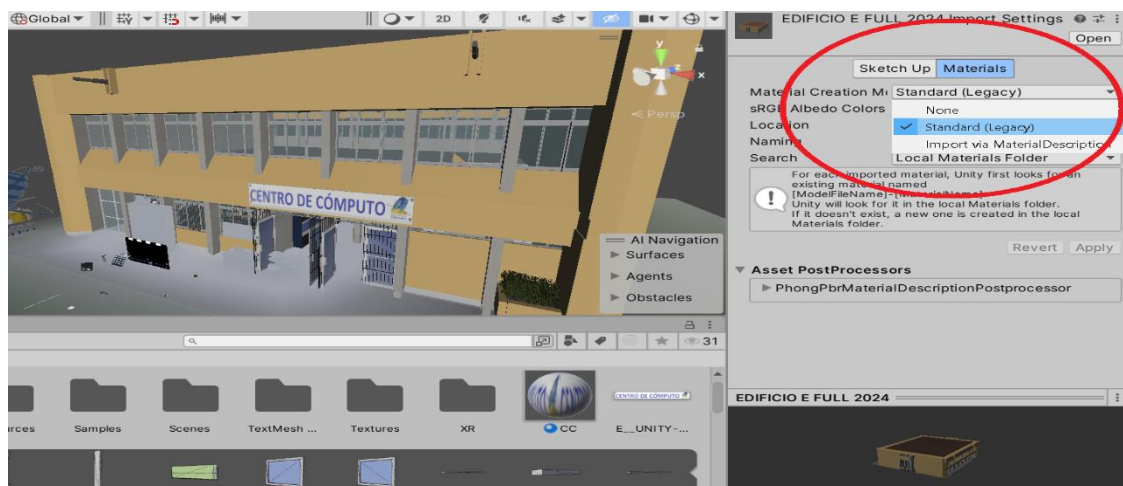


Figura 43. Importación edificios 3D y selección de texturas.

La Figura 43 ilustra cómo se importan y configuran de manera óptima las texturas de cada edificio para que puedan ser visualizadas de manera gráfica en las gafas.

Para configurar las gafas en modo desarrollador, se pueden consultar los **Anexos A y B**.

4.3.2.6 Uso de RM en la aplicación

Agregando elementos de RM en la aplicación como Paneles, Botones, Audio, teletransporte, etc., ver Figura 44.



Figura 44. Elementos de RM e interacción con las gafas.

La Figura 44 muestra cómo se van agregando los elementos de interacción con las gafas de RM como paneles informativos, audios, videos y objetos manipulables con los controles.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Realidad Virtual

En esta sección se describen los resultados obtenidos del desarrollo de la aplicación de RV. La totalidad de edificios, jardines y espacios que contempla las 7 Ha de la fracción A del Instituto Tecnológico de Zitácuaro se implementaron en RV, a manera de enfoque piloto para la implementación a profundidad de RV el proyecto se centró en la visualización en RV del edificio E (Centro de Cómputo) en el cual por medio del diseño y programación se puede interactuar dentro y fuera.

5.1.1. Aplicación de RV en las gafas Meta Quest 3

Al iniciar la aplicación muestra el área comprendida en donde se encuentra ubicado el edificio de Centro de Cómputo como se muestra en las Figura 45.



Figura 45. Acceso principal del edificio de Centro de Cómputo.

Con el uso de aplicación de RV y gafas Meta Quest 3, las Figura 45 muestra la implementación de la zona de jardines, edificios y aulas en donde se encuentra el acceso principal del Centro de Cómputo. En las imágenes se puede observar el nivel de detalle de la aplicación.

5.1.2. Desplazamiento e interacción virtual

A través de un avatar, la aplicación permite desplazarse por todo el campus universitario, de manera particular en el momento que se accede al edificio de Centro de Cómputo, con el uso de controles y las manos, los usuarios pueden interactuar con objetos que proporcionaran información relevante.

Las Figuras 46, 47, 48 y 49 muestran algunas de las interacciones con las que el usuario puede manipular con la aplicación virtual, así como el recorrido y la posibilidad de traslado entre las áreas explorables (indicado por un rayo turquesa).



Figura 46. Interacción con el usuario por medio de las manos virtuales.

La figura 46 muestra la interacción entre el usuario y objetos de la RV.

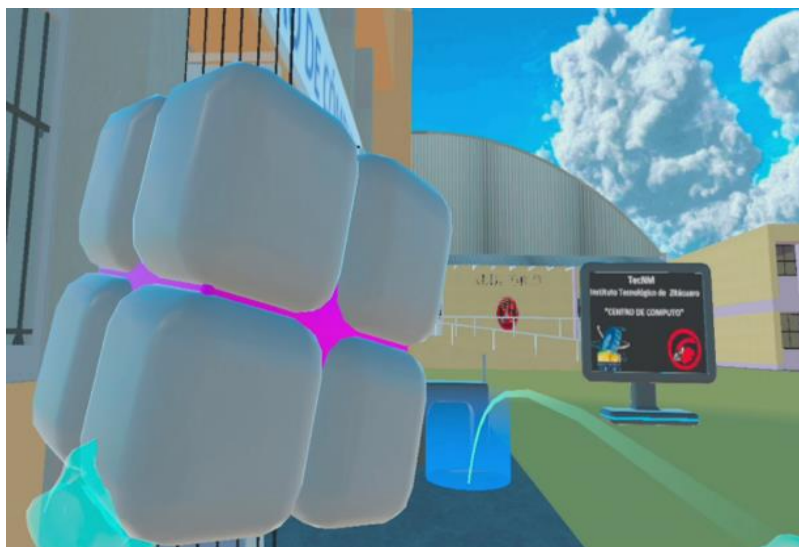


Figura 47. Toma de objetos y desplazamiento con tele transportación.

La figura 47 muestra la interacción entre el usuario y objetos de la RV, así como el traslado en las áreas explorables (rayo turquesa).

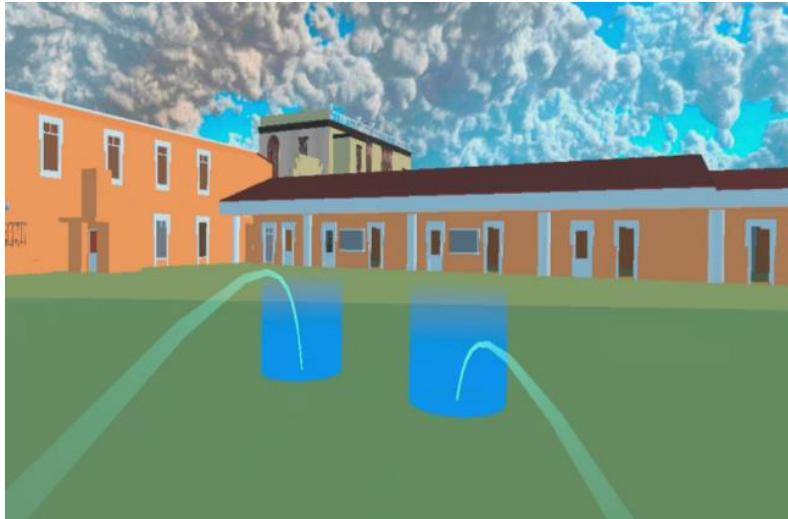


Figura 48. Modo desplazamiento con tele transportación a cualquier área permitida.

La figura 48 muestra el traslado en las áreas explorables (rayo turquesa).



Figura 49. Movimiento a la entrada al centro de cómputo.

La figura 49 Muestra la interacción entre el usuario y objetos de la realidad virtual, así como el traslado en las áreas explorables (rayo turquesa).

5.1.3. Límites de traslado en la Aplicación de RV

Como se observar en la Figura 50, la aplicación permite identificar los límites de interacción identificados con líneas discontinuas en color azul y rojo, lo que permite identificar que el usuario está a punto de colisionar con algún objeto físico real (señal de precaución).

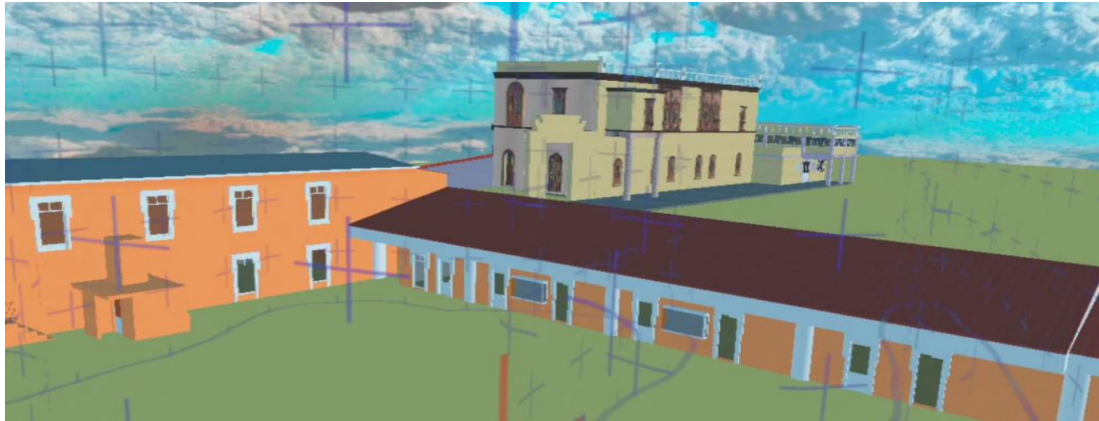


Figura 50. Limites virtuales y fisicos en la Aplicación de RV.

La figura 50 alude al Indicativo de red malla que indica que se esta apunto de chocar con algun objeto fisico en la vida real (precaucion).

5.1.4. Controles y manos virtuales

Para tener un mayor nivel de control de los objetos interactivos implementados, la aplicación permite el uso de las manos virtuales, es decir, la aplicación permite ‘abandonar’ los controles físicos para que las gafas detecten las manos físicas y emulen unas manos virtuales que permite manipular objetos virtuales como se aprecia la Figura 51.



Figura 51. Manos virtuales emulando manos fisicas.

La figura 51 muestra el uso de las manos virtuales emuladas por las gafas siguiendo las manos fisicas para manipular objetos virtuales.

Como se ha mencionado, la manipulación física también contempla límites en los recorridos, por lo que en algunas zonas estar prohibido acercarse indicado por un rayo color rojo, como se puede observar en la Figura 52.



Figura 52. Áreas no accesibles en el entorno.

La figura 52 muestra las Áreas a las que no se puede interactuar indicadas por un rayo color rojo.

5.2. Realidad Mixta

Los resultados de la RM muestran la manera de como ingresar a la aplicación en las gafas, la pantalla de bienvenida, la manera de usar los controles tanto manuales como virtuales, la manera de visualizar objetos virtuales, videos, audios y la manera de teletransportarse dentro del edificio, así como una muestra de cómo se ve ambos entornos RV y RA al mismo tiempo haciéndolo RM y se muestran a continuación.

5.2.1. Aplicación de RM en las gafas Meta Quest 3

Como se mencionó anteriormente, la aplicación de RM se centra en la interacción con el edificio de Centro de Cómputo (edificio E). Como se puede apreciar en la Figura 53, de manera inicial la aplicación da la bienvenida y muestra el edificio E, se aprecia el uso de RM al usar las cámaras del dispositivo para mostrar tanto la parte virtual como la parte física del espacio configurado, ver Figura 53.



Figura 53. Bienvenida y uso de cámaras para interactuar entre la RV y RA.

La Figura 53 muestra la ventana de bienvenida justo afuera del centro de cómputo, al fondo se puede ver las manos del usuario y el mundo real por medio de las camaras internas de las gafas Meta Quest 3.

5.2.2. Desplazamiento e interacción virtual y física

La aplicación de RM permite el desplazamiento y la teletransportación dentro del área permitida, para esto los controles disponen de un boton Index Trigger (*HIGGS interaction*) (ver descripción de botones en la Figura 54 y Anexo C) el cual 'lanza' un rayo blanco y turqueza, al soltar el botón, la aplicación automáticamente desplazará al usuario al lugar seleccionado como se puede apreciar en la Figura 55.

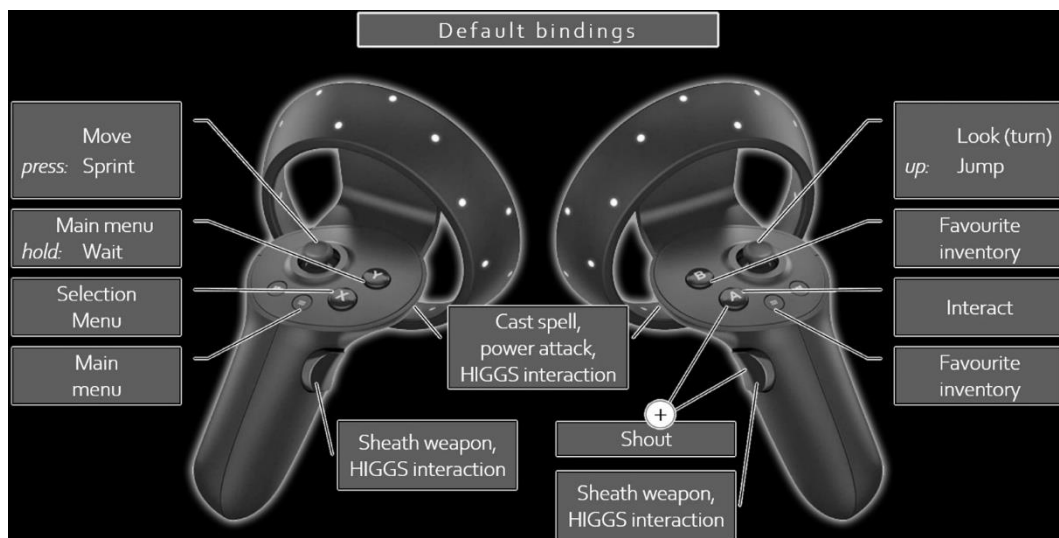


Figura 54. Uso de botones para la teletransportacion.

La figura 54 muestra la descripción de botones del control del Meta Quest para la teletransportación Index Trigger (*HIGGS interaction*).



Figura 55. Movimientos en el área (teletransportación).

Como se aprecia, las Figura 54 y 55 muestran la descripción de los botones del control y la respuesta que se tiene en la aplicación respectivamente al presionarlos y como se visualiza en las gafas los movimientos dentro del área asignada (teletransportación).

5.2.3. Uso de controles y manos virtuales

De igual forma, para manipular la RM se puede usar las manos virtuales o los controles, esto permite al usuario una experiencia realista, además, las gafas son capaces de detectar el movimiento de los dedos en tiempo real para poder manipular los objetos lo que permite interactuar en RV y RA. Para poderlo usar se debe tocar dos veces los controles uno contra el otro, como se puede apreciar en la Figura 56.

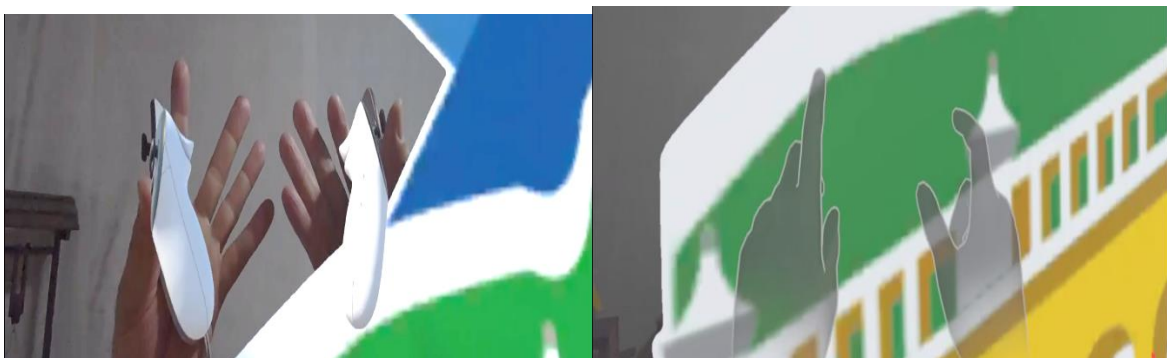


Figura 56. Cambio entre controles y manos virtuales para manipular objetos RM.

La Figura 56 ilustra el cambio de controles de mando de los físicos a las manos virtuales en donde se activan dando 2 pequeños golpes entre los controles. Como es plausible, la RM permite la combinación de RV y RA para mostrar al mismo tiempo ambas tecnologías como se muestra en la Figura 57 con el entorno físico real al fondo.



Figura 57. Combinación de RV y RA en el proyecto.

La Figura 57 muestra la combinación entre ambas tecnologías RV y RA.

La aplicación permite moverse horizontalmente lo cual se logra presionando el botón 3D ThumStick (turn/move) como se muestra en la Figura 58. Al ingresar al edificio de Centro de Cómputo se puede apreciar el nivel de detalle de la implementación: el acomodo del mobiliario, la descripción detallada de cada aula, los pasillos, ventanas, etc.



Figura 58. Movimiento dentro del Centro de Cómputo.

La Figura 58 ilustra el movimiento dentro del edificio de manera horizontal usando el boton 3D ThumStick (turn/move), pudiendo apreciar las aulas de clase (laboratorios de computacion).

Para interactuar la RV con la RA, con el control se puede apuntar el rayo presionado el boton *Action Trigger* hacia los puntos brillantes color azul y se mostrará una ventana con datos del área seleccionada como se puede apreciar en la Figura 59.



Figura 59. Información detallada del edificio con RM.

La Figura 59 muestra una ventana al presionar el boton Action Trigger hacia los puntos brillantes color azul que activa una informativa ventana con informacion del aula, numero de maquinas, usos y capacidades, etc.

Otra funcion agregada a la aplicaci3n es la descripci3n audible de los edificios y espacios del campus universitario. Para el caso particular del Centro de C3mputo, al presionar en los iconos de audio se escuchara una descripci3n del edificio as3 como la voz del Jefe del Departamento y las actividades que realiza (ver Figura 60).

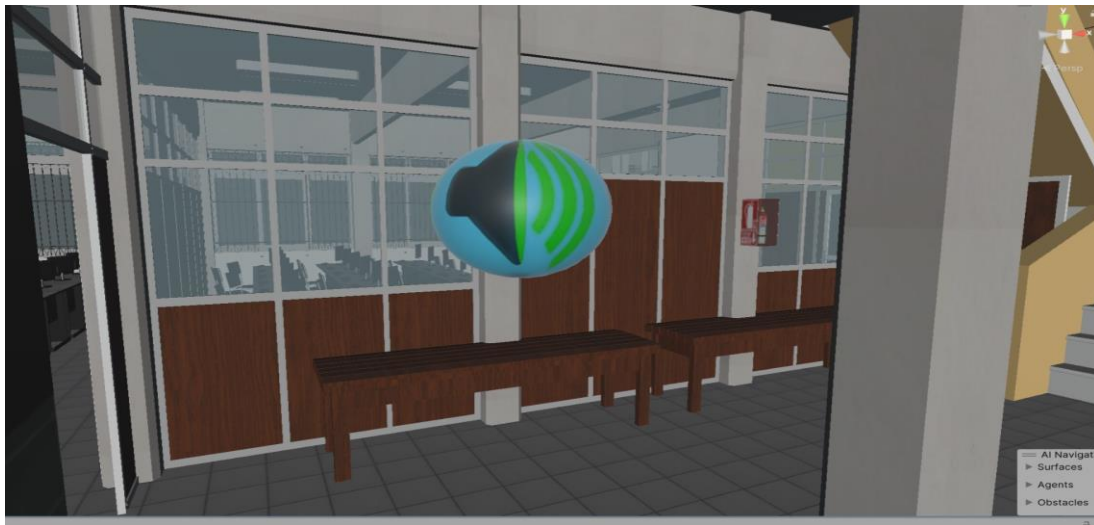


Figura 60. Informacion auditiva al presionar iconos de audio.

La Figura 60 ilustra como se despliega informacion de tipo auditivo al presionar sobre la zonas destinadas (presionado los iconos de audio) pudiendo escuchar informaci3n importante del mismo.

5.3. Pruebas de uso y satisfacci3n de la aplicaci3n

5.3.1. Vinculaci3n institucional

Como prueba piloto, se implement3 la aplicaci3n de RV en la p3gina oficial del Instituto Tecnol3gico de Zit3cuaro (<https://zitacuaro.tecnm.mx/> opci3n Plantel-Recorrido virtual). La Figura 61 muestra la vista principal de la aplicaci3n de RV.



Figura 61. Vista principal de la aplicación de RV en la página oficial del Instituto Tecnológico de Zitácuaro.

Para medir el uso y satisfacción de los usuarios de la aplicación de RV, a continuación, se presenta las estadísticas obtenidas de su acceso desde la página oficial del instituto (Figura 62).



Figura 62. Estadísticas del recorrido virtual alojado en el sitio del instituto.

La Figura 62 muestra las estadísticas de las visitas al recorrido virtual alojado en el sitio oficial del instituto, del periodo de agosto 2023 a julio 2024, siendo un total de 8,363 visitas, con una media diaria de visitas de 32.87.

También se puede apreciar los países desde donde se visitaron (ver Figura 63).

Locales (Top 25) - Lista completa				
Locales		Páginas	Solicitudes	Tráfico
Mexico	mx	55	55	302.07 KB
Japan	jp	19	28	133.87 MB
United States	us	19	45	249.41 MB
Great Britain	gb	5	5	95.90 MB
Netherlands	nl		1	2.88 KB
Otros		0	0	0

Figura 63. Lugares desde donde visitaron el recorrido virtual.

La figura 63 muestra los lugares de donde fueron registradas las visitas en un mes (Julio 2024) al recorrido virtual del instituto siendo México el lugar con más visitas, seguido de Japón y Estados Unidos.

La información muestra el impacto de la RV con los usuarios sin la necesidad de estar presentes físicamente y el impacto obtenido de la realización del recorrido virtual en el instituto.

5.3.2. Satisfacción de los usuarios

En un esfuerzo para evaluar el impacto y la aceptación de la implementación de la RM en el ITZ, se llevó a cabo una encuesta dirigida a una muestra representativa de 105 personas.

Esta iniciativa busco obtener una comprensión clara sobre las percepciones, expectativas y posibles beneficios asociados con la integración de tecnologías como la RM en el ámbito educativo del ITZ, realizando 13 preguntas clave ver **Anexo D**.

Resultados de la encuesta:

Fueron encuestados un total de 105 personas de las cuales 70 fueron estudiantes de las distintas carreras que ofrece el campus universitario, 16 docentes, 9 invitados, 7 aspirantes y 3 de personal administrativo (ver Figura 64).

105 respuestas

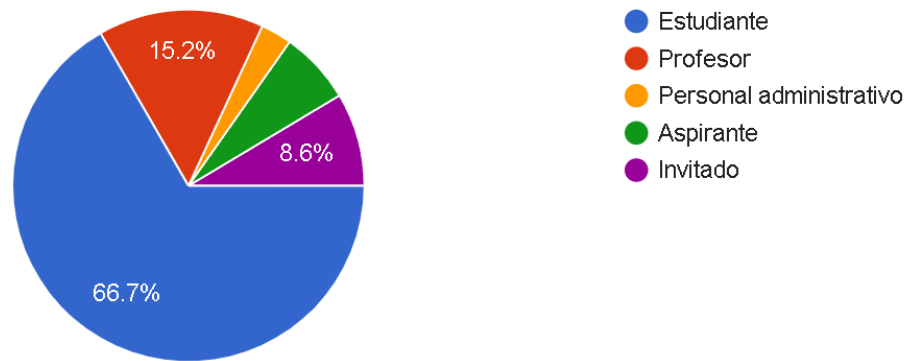


Figura 64. Rol de las personas entrevistadas.

La Figura 64 muestra los tipos de participantes en la encuesta con un 66.7% de representación de estudiantes de las distintas carreras que ofrece el campus universitario, 15.2% fueron docentes, 8.6% invitados, 6.7% aspirantes y 2.9% personal administrativo.

Por otro lado se muestra el total de personas que están familiarizadas con los términos de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA), ver la Figura 65.

105 respuestas

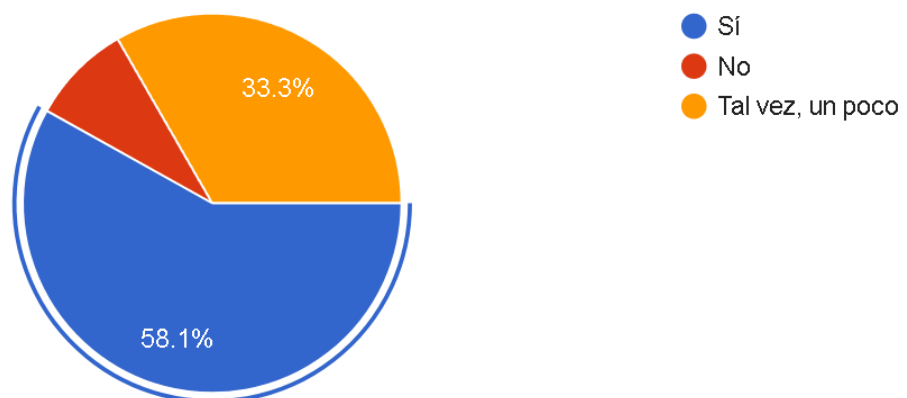


Figura 65. Familiaridad con la RV y RA.

Como se observa, 65 personas contestaron que 'Sí' están familiarizados con los términos de RV y RA (58.7%), con un 'Tal vez o un poco' contestaron 35 (33.3%) y con un 'No', 9 de ellas (8.6%).

Para la cantidad de usuarios que han utilizado algún dispositivo de RV o RA ver la Figura 66.

105 respuestas

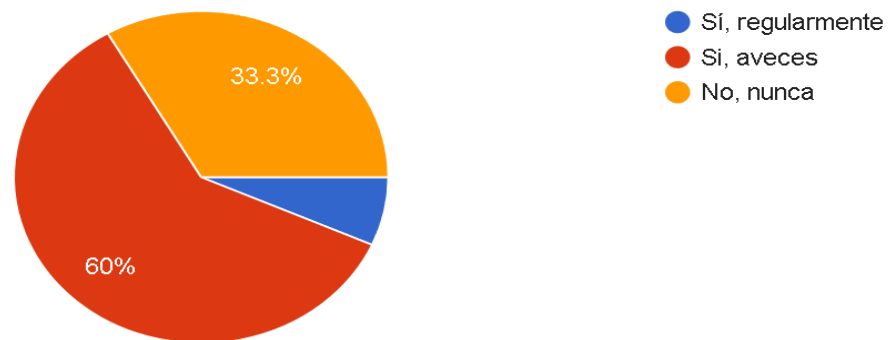


Figura 66. Personas que han utilizado dispositivos de RV o RA.

La Figura 66 muestra las personas que han utilizado dispositivos de RV o RA son 63 que dijeron que 'Sí, regularmente' lo que representa un 60%, mientras que 'Sí, a veces' contestaron un total de 7 personas con un 6.7% y quienes no los han usado fueron 35 representando el 33.3%.

La experiencia externada por los encuestados de usar la RM de manera general se ilustran en la Figura 68, donde 0 es que no la han usado, 1 muy mala, 2 mala, 3 regular, 4 buena y 5 es muy buena experiencia, ver Figura 67.

105 respuestas

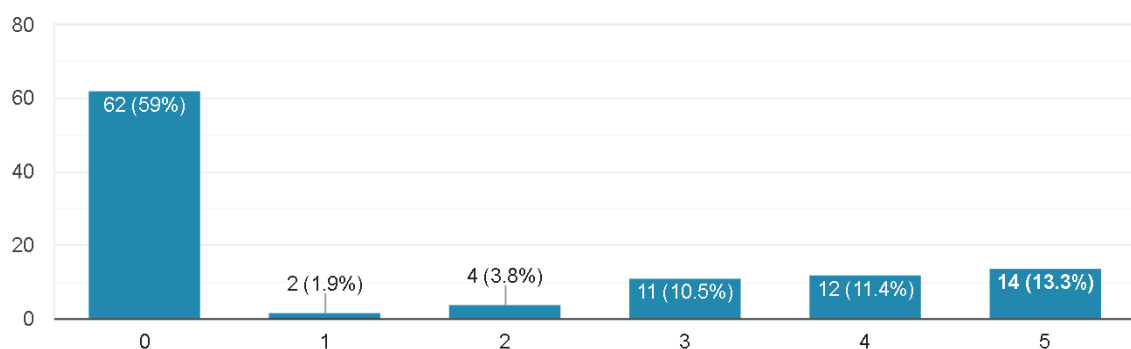


Figura 67. Experiencia de manera general al usar RM.

La Figura 67 da a conocer que los encuestados, la mayoría no ha usado la RM (59%), sin embargo, quien si la usado de manera general muestra que su satisfacción ha sido muy buena 14 personas, 12 de ellas buena y 11 regular.

Esta tecnología de RM es muy joven en países en desarrollo como México, por ello es muy poco conocida en el campus donde la encuesta arroja que los que Sí han usado la RM dentro del ITZ han sido 13 personas (12.4%) y 92 personas (87.6%) externaron no haber usado la RM dentro del campus, lo que muestra que si es viable su implementación (ver Figura 68).

105 respuestas

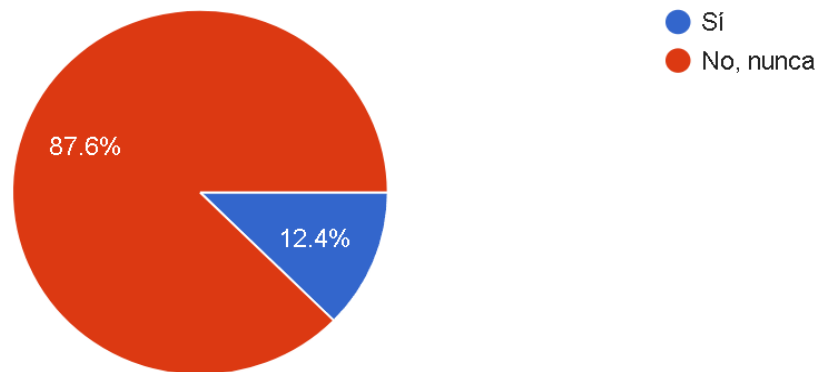


Figura 68. Personas que han usado la RM dentro del ITZ.

La Figura 68 muestra el porcentaje de las personas que han usado la RM dentro del ITZ, lo cual revela que son muy pocas.

En cuanto a los posibles beneficios que se pueden adquirir se puede apreciar en la Figura 69.

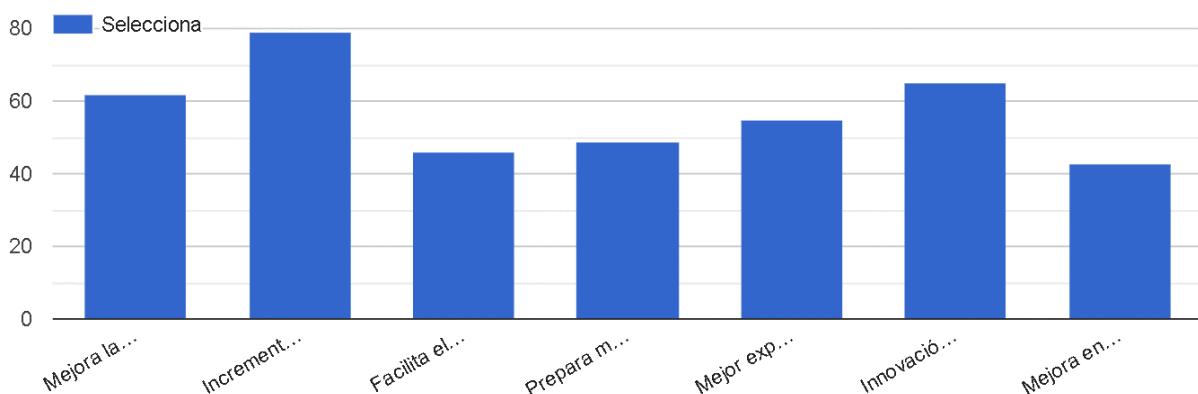


Figura 69. Posibles beneficios de usar la RM dentro del ITZ.

De los resultados obtenidos de los beneficios de usar la RM dentro del entorno educativo del ITZ se desprende lo siguiente:

- Incrementa la motivación y el interés de los estudiantes con 79 votos.

- Innovación en productos/servicios 65 votos.
- Mejora la comprensión de conceptos complejos con 62 votos.

Al preguntar si la implementación de la RM en el ITZ mejoraría la experiencia educativa en comparación con métodos tradicionales un 78.1% (82 personas) aseguro que *Sí*, mientras que un 19% (20 personas) dijeron que *Tal vez*, y solo un 2.9% (3 personas) dijeron que *NO*, como lo muestra la Figura 70.

105 respuestas

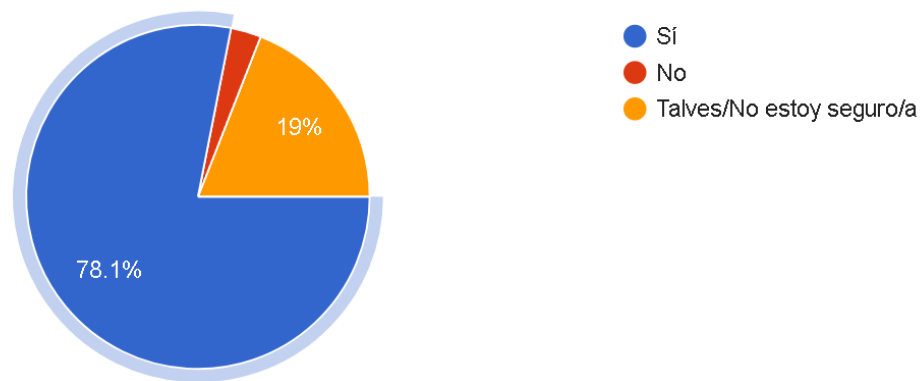


Figura 70. Mejora de experiencia educativa vs métodos tradicionales.

Los obstáculos que posiblemente puedan existir para la adopción de la RM dentro del ITZ los muestra la Figura 71.

105 respuestas

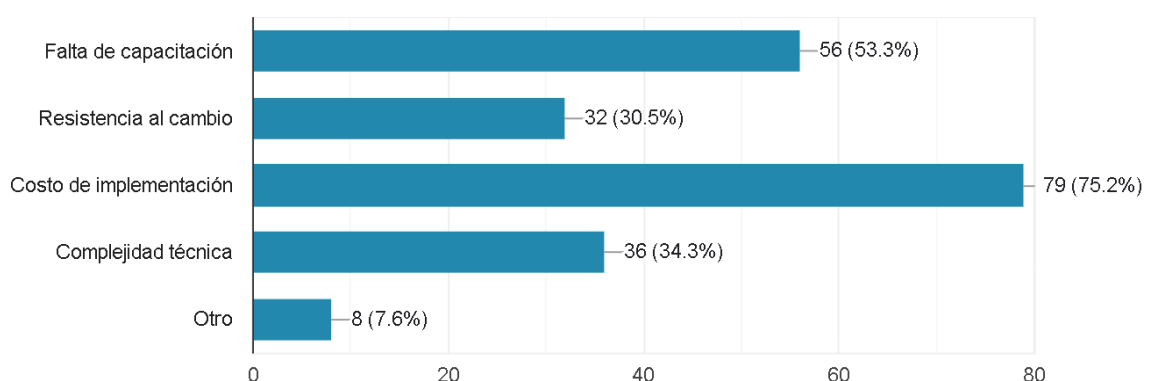


Figura 71. Posibles obstáculos para la adopción de la RM en el ITZ.

La figura 71 ilustra según los encuestados los posibles obstáculos que podrían existir para la adopción de la RM en el ITZ, dando como resultados el ‘Costo de implementación’ con un 75% (79 votos) y la ‘Falta de capacitación’ con un 53.3% (56 votos).

Una parte muy importante consultada es sobre las áreas, laboratorios o talleres se deba implementar la RM, en donde se tenían las opciones 'No necesario', 'Necesario', 'Muy necesario' y 'Forzoso', ver Figura 72.

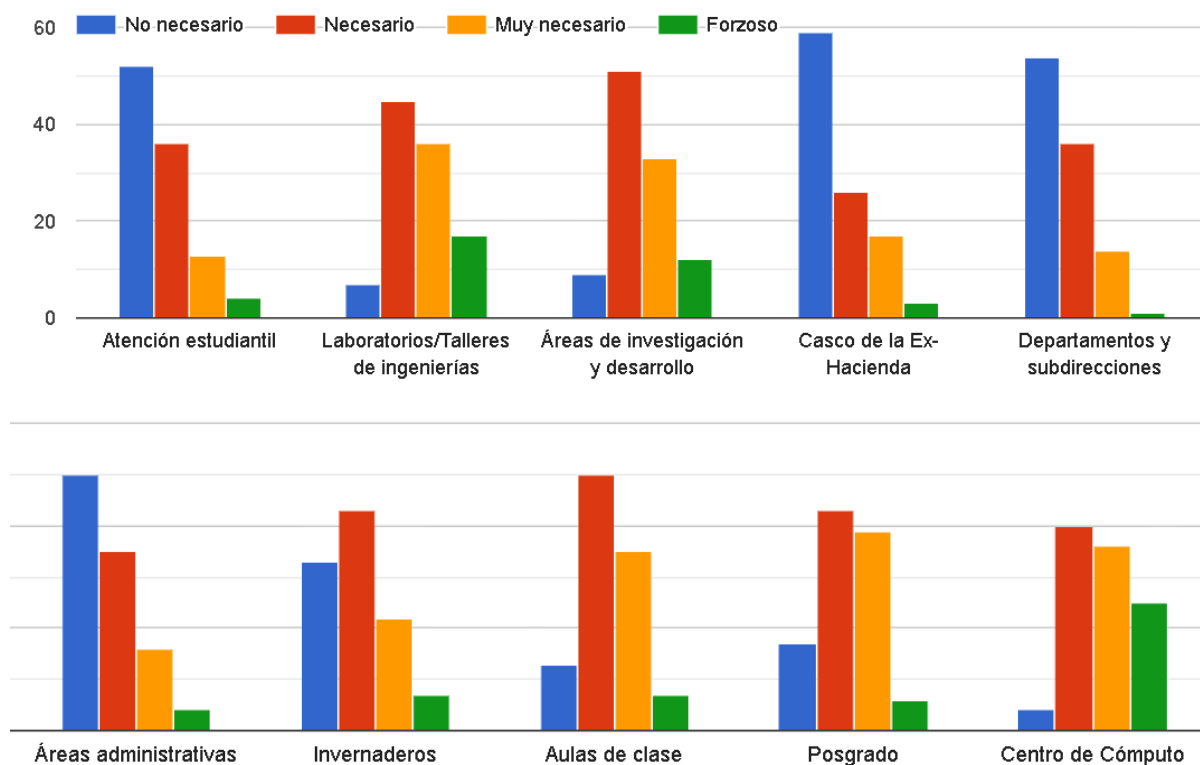


Figura 72. Áreas, talleres, laboratorios donde aplicar la RM.

Como se puede apreciar en la Figura 72 los lugares que los encuestados creen que debe aplicarse la RM consideran en primer lugar el Centro de Cómputo con 25 Votos en 'Forzoso' y 36 votos en 'Muy necesario', segundo lugar 'Laboratorios y talleres de ingenierías' con 17 votos en 'Forzoso' y 36 votos en 'Muy necesario', en tercer lugar 'Posgrado' y 'Aulas de clase' con 39 y 35 votos en la opción 'Muy necesario'.

Al preguntar sobre su disponibilidad para participar en un programa de capacitación para aprender a usar la RM se obtuvieron los siguientes resultados, ver Figura 73.

105 respuestas

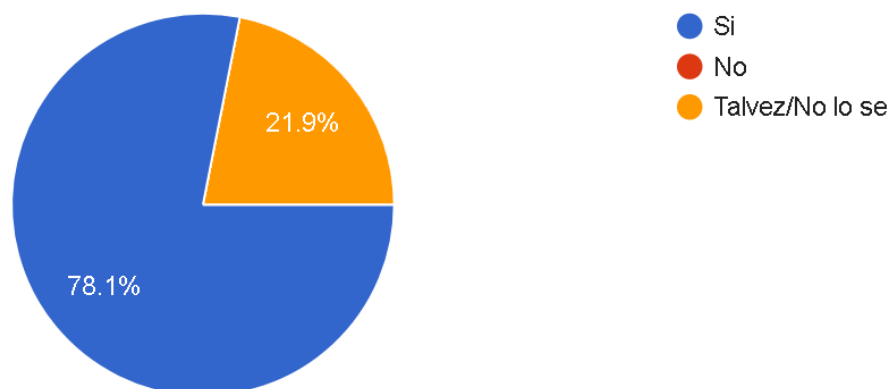


Figura 73. Disponibilidad para capacitarse en RM.

La Figura 72 muestra la disponibilidad de los encuestados para recibir capacitación para aprender a usar la RM tiene un 78.1% de aceptación (82 personas) y un 'Tal vez' con un 21.9% (23 personas) de los encuestados.

En cuanto a saber si las herramientas tecnológicas actuales en el ITZ son suficientes para cubrir las necesidades académicas, de innovación e investigación los encuestados opinaron lo siguiente, ver Figura 74.

105 respuestas

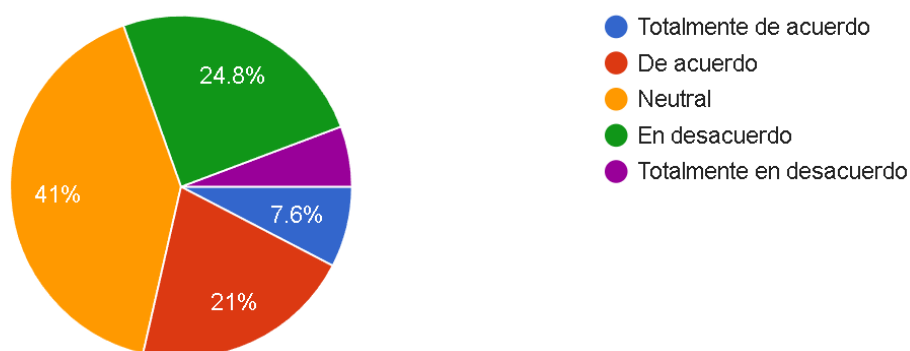


Figura 74. Opinión sobre las herramientas actuales en el ITZ.

La figura 74 muestra que el 24% de los encuestados (26 personas) opinan que las herramientas actuales no son suficientes para cubrir las necesidades académicas, de innovación e investigación, un 5.7% (6 personas) opinan que no son nada suficientes y con un 41% (43 personas) se mantienen neutrales.

En cuanto al costo-beneficio de aplicar la RM, la encuesta arroja con un 57.1% que tendrá '*Costos más altos pero beneficios educativos superiores*' y con un 36.2% que tendrá '*Costos similares pero beneficios educativos adicionales*', ver Figura 75.

105 respuestas

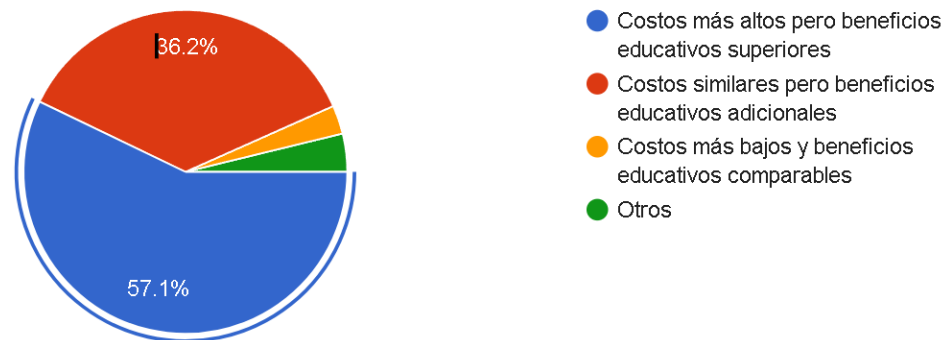


Figura 75. Costo beneficio de aplicar RM en el ITZ.

Finalmente en pregunta abierta se dejó expresar algún comentario adicional (28 respuestas) recibiendo felicitaciones, sugerencias y expresiones de espera para poder usar la tecnología muy pronto. Ver sección de respuesta abierta del **Anexo D**.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

El uso de la tecnología de RM otorga un sinnúmero de posibilidades para la interacción de los usuarios con el mundo real, permite una inmersión, mejora de la percepción de algún concepto y el uso de la telepresencia lo cual da al usuario la sensación de estar realmente controlando algún elemento, aunque este sea totalmente virtual. Algunas de las limitantes encontradas en la aplicación de RM son que cada edificio del campus universitario, implica bastante información a tomar en cuenta para ser mostrada por tanto el desarrollo para cada uno extendería el proyecto de manera significativa, por lo que se optó por solo diseñar el entorno a un solo edificio, el centro de cómputo (edificio E).

En esta investigación se concuerda con algunos autores citados, quienes analizan a fondo estas tecnologías y destacan los usos y ventajas de utilizarlas. Por ejemplo, Tello Beltran (2018a) en su comparativa entre la enseñanza tradicional y el uso de RM detectó el empleo de menor cantidad de tiempo en el aprendizaje comparado con la inversión de mayor cantidad de tiempo en la enseñanza tradicional.

De la misma manera (Martín García, 2019) generó una estudio (gráfica de la Figura 2) donde comparó el tiempo usado en las pruebas en un taller de ensamblado de manera física y usando RM dando como resultado un 30% menos tiempo usando RM. En ese mismo sentido, el tiempo usado por la aplicación desarrollada para recorrer el Centro de Cómputo reduce significativamente al hacerlo de manera virtual y sin tener obstáculos o tráfico.

Por otra parte, al usar la gamificación que describe (Cuéllar-Rojas et al., 2021), el usuario se siente impulsado a seguir explorando más la aplicación al ser 'premiado' con puntuación o sentir que va progresando. La aplicación desarrollada, utiliza un concepto similar, al premiar al usuario dándole paso a que siga explorando otras actividades.

En concordancia con Vásquez Rea (2018) haciendo énfasis en la utilización de la RM está creciendo a pasos agigantados lo que probablemente desplace a los dispositivos personales. De acuerdo a los resultados y la experiencia de uso, la aplicación diseñada tendrá mucho futuro al poder ir agregando nuevas funcionalidades y

abarcando más espacios y usos en laboratorios en todo el campus universitario.

Por el contrario se difiere de las recomendaciones que establece Rodríguez Verdera (2019b) quien recomienda las gafas Acer Mixed Reality, que si bien son potentes al momento de su mención no cuentan con batería propia por lo que se tiene que estar reemplazando o recargando constantemente lo que lleva un tiempo extra en su configuración y uso, así mismo el tiempo de carga de la aplicación dentro del sistema es de aproximadamente 10 minutos, tiempo bastante largo comparado con las gafas de Meta Quest 2 y 3, usadas en la aplicación, que duran aproximadamente 1 minuto en cargar todo el software. En la comparativa realizada por Zari et al. (2023), que realizan sobre las gafas Magic Leap1, frente a Microsoft HoloLens 2, hace hincapié en el confort y comodidad del uso de las gafas en cada caso, lo que concluye a que las gafas más apropiadas y cómodas son las HoloLens 2 de Microsoft, sin embargo, en calidad gráfica no se recomiendan, por tanto en el presente trabajo se optó por usar las Meta Quest 3, ya que son más cómodas y su calidad gráfica es mejor que las mencionadas por el autor.

Los resultados de la encuesta proporcionó una valiosa visión sobre la percepción y entusiasmo general de la implementación de la RM en el ITZ, destacando que su uso podría incrementar la motivación y el interés de los estudiantes, innovar en productos y servicios así como mejorar la comprensión de conceptos complejos, además mejoraría la experiencia educativa en comparación con métodos tradicionales. Sin embargo, también se detectaron posibles obstáculos que podrían obstaculizar la adopción de la RM en el ITZ destacando el costo de implementación y la falta de capacitación. En cuanto a las áreas donde se pudiera implementar el uso de la RM destacan en primer lugar el Centro de Cómputo, segundo lugar Laboratorios y talleres de ingenierías y en tercer lugar Posgrado y Aulas de clase. En cuanto al costo beneficio se destacó que se tendrían costos más altos pero beneficios educativos superiores.

Conclusiones

Se logró investigar y documentar los fundamentos teóricos y prácticos sobre la RM y sus componentes más importantes, tomando en cuenta las recomendaciones e investigaciones de los autores citados y sus logros, así como las ventajas o desventajas detectadas al desarrollar proyectos similares, lo cual fue fundamental para tomar decisiones en cuanto a hardware y software, entre otras herramientas y acciones.

Gracias a lo anterior se seleccionó las herramientas más apropiadas para el diseño y desarrollo de la aplicación de RM en este caso SketchUp que es un software de fácil uso y conversión a objeto en 3D necesario para poderlo recorrer y Unity una potente herramienta de diseño de videojuegos y aplicaciones de RV, RA y RM, así como las gafas óptimas en este caso Meta Quest 2 y 3 que son accesibles, fáciles de usar y configurar.

Se diseñó e implementó una aplicación en las gafas Meta Quest 3 (Oculus) el recorrido virtual con RM en el edificio “E” conocido como centro de cómputo del Instituto Tecnológico de Zitácuaro. Se realizaron pruebas de funcionamiento y mejora de la aplicación, para optimizar su funcionamiento.

Se implementó un recorrido virtual de toda la institución, el cual se encuentra alojado en el servidor del instituto y se puede acceder en la página oficial del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, menú plantel, opción Recorrido Virtual (<https://zitacuaro.tecnm.mx/> - Plantel – Recorrido Virtual). Por el momento, el recorrido no está completamente implementado en las gafas debido a la cantidad de espacio requerido en términos de memoria. El recorrido otorga al usuario la posibilidad de observar las instalaciones del instituto desde cualquier parte del mundo, prueba de ello se encuentra en el canal oficial de YouTube (https://www.youtube.com/watch?v=mCMgOvx_pKI) en donde el video ha sido bien recibido.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

A través de la experiencia adquirida se pudo constatar que las gafas Meta Quest 3 son las apropiadas en el desarrollo de este tipo de aplicaciones, ya que cuenta con los recursos hardware necesarios para el uso de la tecnología RM, sin embargo, las gafas consumen mucha energía por lo que es recomendable usarlas máximo media hora y recargar o bien implementarle un banco de batería portátil diseñado para las mismas para aumentar el tiempo de uso.

Se recomienda dar continuidad al proyecto por su alcance y visión se puede trasladar en otros ámbitos y aplicaciones, por el momento el aspecto de RV contempla todo el campus universitario y la RM está definida solo a un edificio, lo que permite el reconocimiento e información del campus universitario. Al aplicarlo en otras áreas del instituto, sin duda será más beneficioso y abarcador sobre todo en talleres o área de trabajo que impliquen altos costos de operación o riesgos para la salud.

Para trabajos futuros, es recomendable investigar hologramas interactivos para aplicar en los talleres de la institución que requieren armar o simular procesos costosos o peligrosos, esto permitirá enriquecer la aplicación de RM y podrá aplicarse al área práctica de la institución.

TRABAJOS FUTUROS

Trabajos futuros

Para trabajos futuros existen áreas y edificios del campus universitario que pueden incluirse en la investigación y desarrollo de la aplicación de RM.

Actualmente la sección A consta de 13 edificios quienes a su vez tienen: departamentos, talleres y laboratorios; a los cuales se les puede agregar según prioridad la RM por ejemplo hay edificios que tienen varios departamentos, talleres y laboratorios donde la utilización de la RM podría ayudar significativamente en la utilización para informar, manipulación de máquinas, herramientas costosas o peligrosas como es el caso de los siguientes:

- **Casco de la Ex-Hacienda:** específicamente este edificio guarda en sus interiores y exteriores una amplia Área de Cultura y Arte, data del siglo XIX. Su fachada es única en la región, su belleza inigualable y en su interior alberga hermosas pinturas antiguas de la época, sin duda un edificio con mucha historia y que la RM puede hacerla disfrutar de manera virtual al mostrar interacción con el usuario y el área real, dando información específica del área y mostrando hologramas de cada pintura o lugar.
- **Edificio K:** cuenta con los departamentos de Ingeniería Industrial, Sistemas y Computación, Ciencias de la Tierra, y los Laboratorios de Metrología, Manufactura, Laboratorio de Máquinas Eléctricas, Laboratorio de Circuitos Eléctricos, CIM, Laboratorio de Tiempos y Movimientos, donde la RM podría entrar y hacer uso de la tecnología para cada caso.
- **Edificio D:** Departamento de División de Estudios Profesionales, Departamento de Servicios Escolares, Centro de Idiomas, Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación, Sala de Titulación, este edificio en particular aloja los departamentos más visitados por los estudiantes para y es conocido como la Unidad de Atención Estudiantil, lo que lo hace de suma importancia y la RM podría aplicarse aquí para dar información detallada de cada departamento, sus funciones, horarios, encargados etc.
- **Zona de invernadero y hortalizas:** esta zona propia del área agroalimentaria podría usar la RM para simular el cuidado y crecimiento de las hortalizas, la

temperatura, luz, humedad etc. Pudiendo acelerar en teoría el crecimiento y dando a conocer los cuidados o factores que pudieran beneficiar o afectar sus cultivos.

- **Edificio F:** este edificio cuenta con una Sala audiovisual misma que podría ser el ara de exploración para la RM, así mismo cuenta con los departamentos de Ciencias Básicas, Departamento de Ciencias Económico Administrativas, y el Laboratorio de Química en cual la RM podría apoyar en los procesos químicos peligrosos pudiendo simular de manera protegida y sin riesgos algún proceso de reacción.
- **Edificio M:** especialmente cuenta con el Centro de Información donde la RM pudiera aplicar dando a conocer nuevas maneras de aprendizaje y lectura de libros digitales pudiendo apreciar de manera holográfica imágenes alusivas al libro que se está estudiando aumentando así el interés y comprensión del mismo, también cuenta con distintos departamentos importantes como el Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación, Sala Ejecutiva de Emprendimiento, Cámara Gessel, Centro de Incubación e Innovación Empresarial, Aulas de Clases de Posgrado, Laboratorio de Desarrollo Humano, Departamento de Química y Bioquímica, Taller Producción Agroindustrial este último se presta de manera importante para usar la RM en la producción agroindustrial simulando procesos caros o peligrosos o bien complejos.
- **Edificio I:** en este edificio se concentran todos los departamentos de alto rango como son las subdirecciones Dirección, Subdirección de Planeación y Vinculación, Subdirección de Servicios Administrativos, Subdirección Académica, Departamento de Comunicación y Difusión, Departamento de Planeación, Programación y Presupuestación, Depto. Recursos Financieros, Ventanilla de Atención a Estudiantes (Finanzas) en todos estos departamentos y subdirecciones se puede usar la RM para otorgar al visitante información detallada e inclusive rendición de cuentas de manera tecnológica usando las gafas de RM.

Sin duda será interesante en trabajos futuros poder incluir la mayoría de los talleres, departamentos y aulas que lo requieran lo cual da un largo camino de investigación y desarrollo.

REFERENCIAS

- Almenara, J. C., Cejudo, M. D. C. L., & Párraga, L. M. (2023). Carga cognitiva y realidad mixta (aumentada y virtual). *Hachetetepé: Revista científica de Educación y Comunicación*, 15–27.
- Baldeon Romero, J. A., & Rosas Lucas, C. F. (2018). *Realidad mixta como innovación educativa en la FIIS UNHEVAL-2018* [Ingeniería de sistemas]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Burnao, I. F. (2024). La conexión del Metaverso con el mundo real: experimentación en los eventos a través de los sentidos. *SIGNUM: Revista Internacional de Investigación en Eventos, Protocolo y Relaciones Institucionales*, 14–0.
- Carnevale, A., Mannocchi, I., Sassi, M. S. H., Carli, M., De Luca, G., Longo, U. G., Denaro, V., & Schena, E. (2022). Virtual Reality for Shoulder Rehabilitation: Accuracy Evaluation of Oculus Quest 2. *Sensors*, 22(15). <https://doi.org/10.3390/s22155511>
- COBUS, V. B., & Steffen; HEUTEN. (2019). *Glass++ evaluating multimodal alarms on google glass*. In *Proceedings of Mensch und Computer*. En Proceedings of Mensch und Computer 2019.
- Cuéllar-Rojas, Ó.-A., Hincapié-Montoya, M., Arias, A. V., Quiroz-Fabra, J., & Cifuentes-Correa, L.-M. (2021). Caracterización del uso de tecnologías inmersivas aplicadas en geoparques: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Realidad Mixta, Técnicas de visualización y Gamificación. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, E45, 285–302.
- Encarnación De Jesús, L., & Ayala Ramirez, S. (2021). Estrategias didácticas a través de la realidad mixta para el aprendizaje teórico-práctico en estudiantes de educación media superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11–18.
- Gil Vico, E. (2021). *Interacción de cuerpo entero en realidad mixta para promover actitudes prosociales en niños con y sin trastorno del espectro autista: desarrollo de un prototipo en dos versiones*. Universitat Pompeu Fabra.

- Jerez Tallón, M. (2023). *Reconstrucción y virtualización del entorno usando un dispositivo Oculus Quest 2* [Ingeniería Robótica, Universidad de Alicante]. <http://hdl.handle.net/10045/136350>
- Mariano Francisco, A., Martínez Fernández, D. L., & Huerta Chua, J. (2021). Diseño, Desarrollo e Implementación de Recorrido Virtual en 3D como Fortalecimiento Académico y Tecnológico en Campus Universitario. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 6(1), 7–13. <https://doi.org/10.32671/terc.v6i1.41>
- Martín García, A. J. (2019). *Aplicación de realidad mixta para la asistencia en tareas de ensamblaje* [Tesis]. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Montenegro Rueda, M., & Fernández Cerero, J. (2022). Realidad aumentada en la educación superior posibilidades y desafíos. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 95–114.
- Pérez, M. C., Álvarez, F. E., Piñeiro, L. V., Pinedo, A. Z., & Andorra, E. C. (2023). Realidad aumentada en cirugía hepato-bilio-pancreática. Una tecnología al alcance de la mano. *Cirugía Española*. *Cirugía Española* 101, 101(5), 312-318.
- Redondo, A., Baldrón, C., M. Aguiar, J., González Juanatey, J. R., Román e, A. S., & Amat-Santos, I. J. (2022). Aplicaciones de las realidades extendidas en cardiología intervencionista: la realidad mixta aplicada al procedimiento TAVI. *REC: interventional cardiology*, 4(4), 340–342. <https://doi.org/10.24875/RECIC.M22000318>
- Rodríguez Verdera, A. (2019a). *Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta* [Tesis]. Universitat Politècnica de València.
- Rodríguez Verdera, A. (2019b). *Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta* [Ingeniería en Informática]. Universitat Politècnica de València.
- Sabogal Rojas, O. (2019). *HoloMuseo: aplicación de realidad mixta con contenido multimedia desacoplado*.
- Sánchez Requejo, L. F., & Ramírez Reyes, J. C. (2020). *Taxonomía de aplicaciones y videojuegos de realidad mixta* [Ingeniería de Sistemas de Información,

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<https://doi.org/10.19083/tesis/653135>

- Soto Ramos, M. (2019). *Development of mixed reality applications using the magic leap one device* [Maestría]. Universidad Autónoma de Madrid.
- Suelves, & Diana Marín, et al. (2020). Investigación Bibliométrica en Aprendizaje Mediado por Tecnología con Alumnado de Altas Capacidades 1. *Revista Brasileira de Educação Especial*, vol. 26, 229-246.
- Tello Beltran, D. C. (2018a). *Realidad Mixta/Híbrida para la Enseñanza de Animación en la Educación Superior* [Maestría]. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Tello Beltran, D. C. (2018b). *Realidad Mixta/Híbrida para la Enseñanza de Animación en la Educación Superior* [Tesis]. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Valarezo-Guzmán, & Guillermo Enrique, et al. (2023). Simulación y realidad virtual aplicadas a la educación. *RECIMUNDO*, 2023, vol. 7, no 1, 432–444.
- Vásquez Rea, D. A. (2018). *Desarrollo de un plan de implementación de tecnología de Realidad Mixta en el mercado ecuatoriano* [Ingeniería en sistemas y computación]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Villada, J. F., MF Montoya Vega, & Eduard A. (2022). Hincapié Ladino. "Diseño de un videojuego para la enseñanza del movimiento parabólico mediante un proceso de diseño centrado en el usuario. *Scientia et Technica* 27.3, 155-166.
- Vuforia Engine, T. (2023, Julio 12). *Vuforia Engine 10.17*. New Features and Improvements.
- Zari, G., Condino, S., Cutolo, F., & Ferrari, V. (2023). Magic Leap 1 versus Microsoft HoloLens 2 for the Visualization of 3D Content Obtained from Radiological Images. *Sensors*, 23(6), 3040. <https://doi.org/10.3390/s23063040>

ANEXOS

Anexo A. Configuración de Meta Quest modo desarrollador

Para la creación e instalación de la aplicación una vez configurada se debe seleccionar el dispositivo a vincular con la correspondiente cuenta para poder acceder a él y activa modo desarrollador, ver Figura 76.



Figura 76. Selección de dispositivo y conexión Quest de escritorio.

Al estar conectado se deberá ir a la pestaña *SETTINGS* para habilitar la instalación de orígenes desconocidos en el dispositivo dando clic en la pestaña *GENERAL* y habilitando *ORIGENES DESCONOCIDOS* como lo muestra la Figura 77.

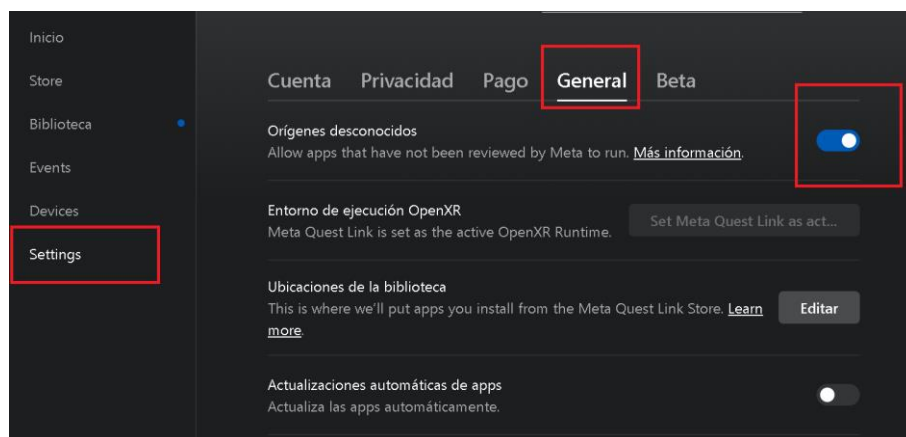


Figura 77. Habilita orígenes desconocidos en la aplicación.

Siguiente paso es ir a las gafas y seleccionar en el menú *CONFIGURACIÓN* la opción **SISTEMA** para habilitar el modo desarrollador para instalar aplicaciones de prueba en el dispositivo. (Ver Figura 78).



Figura 78. Configuración de las gafas modo desarrollador.

Anexo B. Configuración modo passthrough para RM

Para poder visualizar la escena en las gafas directamente se debe configurar las gafas en la aplicación de escritorio de Oculus, no sin antes haber habilitado la opción *developer Mode* en la aplicación del celular, para para poder ser desarrollador, ver Figura 79 y 80.



Figura 79. Conexión y configuración de las gafas.

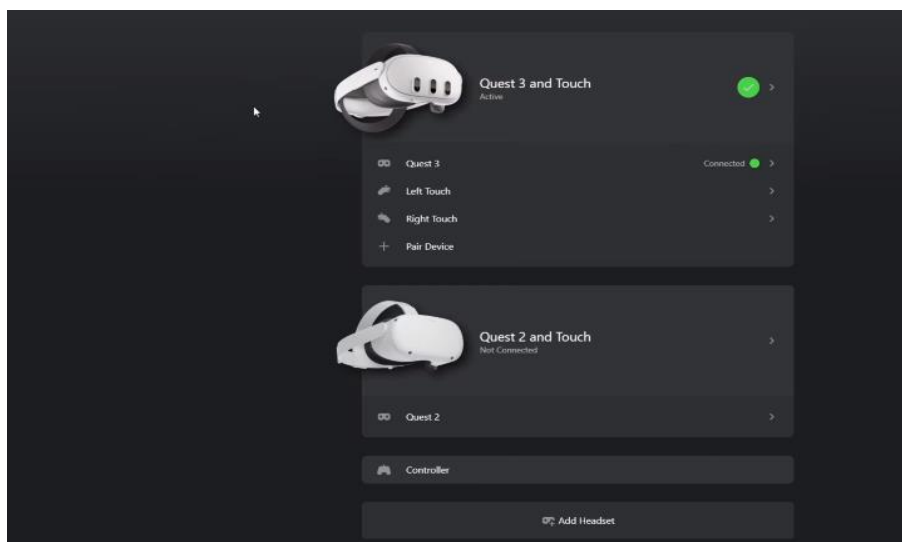


Figura 80. Activación modo desarrollador en las gafas Quest 3.

Conectar el Meta Quest 3 vía USB a la PC y activar el visor y estará listo para utilizar en Unity activando PASSTHROUGH y poder ver el código directamente en el dispositivo, ver Figura 81.

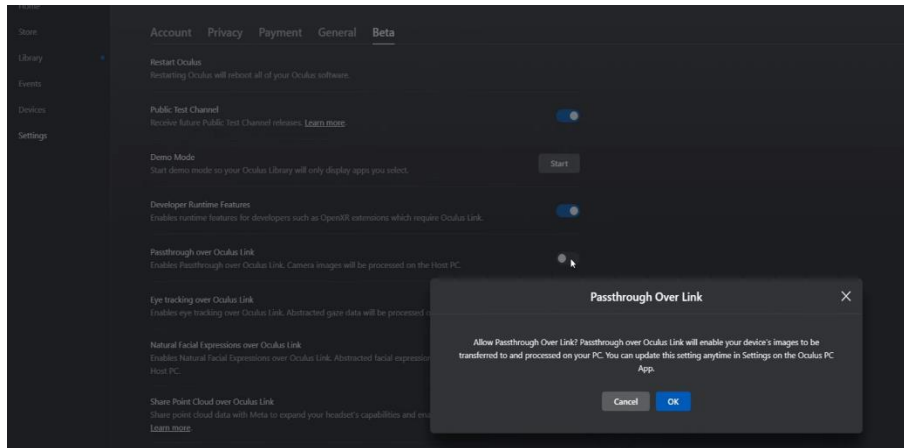


Figura 81. Habilitación de la función Passthrough.

Anexo C. Descripción de controles Meta Quest 3

La Figura 82 muestra la descripción de las funciones de los controles Meta Touch Quest 3.

Meta Touch Pro Controller Major Structure

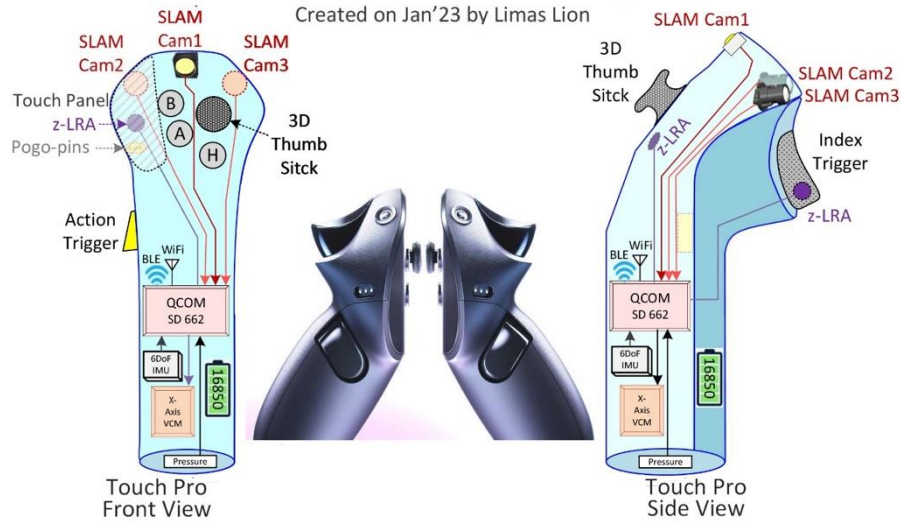


Figura 82. Descripción de controles de Meta Quest 3 y su función.

Anexo D.- Encuestas aplicadas en el ITZ sobre la RM

A continuación se muestran las preguntas que conforman el cuestionario sobre el uso e implementación de la RM en el ITZ.

1.- Para ayudarnos a entender mejor tus respuestas, ¿podrías indicarnos tu rol en el ITZ?

- Estudiante
- Profesor
- Personal
- Administrativo
- Aspirante
- Invitado

2.- ¿Estás familiarizado con el término "Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA)"?

- Sí
- No
- Tal vez, un poco

3.- ¿Has utilizado alguna vez dispositivos o aplicaciones de Realidad Virtual o Realidad Aumentada?

- Sí, regularmente
- Si, a veces
- No, nunca

4.- Si has utilizado Realidad Mixta, ¿cuál ha sido tu experiencia general?

- 0 No la he usado
- 1 Nada bien
- 2 Un poco bien
- 3 Neutral
- 4 Buena
- 5 Mucha/ muy buena

5.- ¿Has tenido la oportunidad de utilizar aplicaciones de Realidad Mixta (RM) en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ)?

- Si
- No / Nunca

6.- En tu opinión, ¿cuáles crees que son los principales beneficios de utilizar la Realidad Mixta en el entorno educativo del ITZ?

- Mejora la comprensión de conceptos complejos
- Incrementa la motivación y el interés de los estudiantes
- Facilita el aprendizaje colaborativo
- Prepara mejor a los estudiantes para el mercado laboral actual
- Mejor experiencia del usuario/cliente
- Innovación en productos/servicios
- Mejora en la productividad

7.- ¿Consideras que la implementación de la Realidad Mixta en el ITZ mejoraría la experiencia educativa en comparación con métodos tradicionales?

- Sí
- No
- Tal vez /No estoy seguro/a

8.- ¿Qué obstáculos crees que podrían existir para la adopción de la realidad mixta en el ITZ?

- Falta de capacitación
- Resistencia al cambio
- Costo de implementación
- Complejidad técnica
- Otro

9.- ¿En qué áreas, laboratorios o talleres crees que se deba implementar la Realidad Mixta? (opciones: No necesario, Necesario, Muy necesario, Forzoso)

- Atención estudiantil

- Laboratorios/Talleres de ingenierías
- Áreas de investigación y desarrollo
- Casco de la Ex-Hacienda
- Departamentos y subdirecciones

10.- ¿Estarías dispuesto(a) a participar en un programa de capacitación para aprender a usar la realidad mixta?

- Si
- No
- Tal vez/No lo se

11.- ¿Consideras que las herramientas tecnológicas actuales en el ITZ son suficientes para cubrir las necesidades académicas, de innovación e investigación?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

12.- ¿Cuáles crees que son los costos y beneficios económicos de implementar Realidad Mixta en comparación con métodos tradicionales?

- Costos más altos pero beneficios educativos superiores
- Costos similares pero beneficios educativos adicionales
- Costos más bajos y beneficios educativos comparables
- Otros

Sección de respuesta abierta:

13.- ¿Algún comentario adicional? (pregunta abierta)

- No
- Ninguno
- Es importante mejorar.
- sin comentarios

- Excelente tecnológica por implementar
- Me gustaría que nos capacitaran en RM
- Sin observaciones esperando que la realidad virtual llegue a nuestra casa de estudios
- Sería muy motivante para los alumnos el implementar herramientas de RV y RA
- Esperamos pronto poder usarla
- No ninguno
- No tengo comentarios
- Estaría excelente implementarlo en varias áreas de la ingeniería donde no existe la herramienta necesaria
- Implementar mayor capacitación para utilización de las tecnologías de realidad virtual y IA en arquitectura
- Ninguno.
- Sigamos mejorando
- ninguno
- gracias, espero utilizarlas pronto como nuevo estudiante
- En general la implementación sería un poco costosa, pero de gran ayuda para estudiantes como a aspirantes de nuevo ingreso.
- Excelente, los felicito
- Ya quiero usar esta nueva tecnología en el centro de cómputo para simular el armado de computadoras sin dañarlas físicamente
- gracias