



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ELABORACIÓN DE ESPACIOS VIRTUALES REALISTAS, INTERACTIVOS E INMERSIVOS

Realistic, interactive and immersive virtual spaces development

KEVIN NICOLÁS ROJAS VANEGAS¹, DAMIÁN VALENTINO CANO VÁSQUEZ², RICARDO ANDRÉS SANTA QUINTERO³

Recibido:30 de noviembre de 2023. Aceptado:16 de enero de 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2024.v11.n21.a152>

RESUMEN

El presente artículo se enfocó en la elaboración de un espacio virtual interactivo, inmersivo y realista utilizando software especializado, el fin de este es recopilar una serie de herramientas útiles y frecuentadas en la creación de este tipo de espacios, para que el artículo pueda ser tomado como guía sobre los elementos a tener en cuenta para crear experiencias mediadas por realidad virtual (recorridos, inducciones universitarias, simulaciones, etc.), ya que en la actualidad este tema se ha vuelto de gran importancia con conceptos como el metaverso. Para lograrlo, se utilizó un enfoque experimental basado en diferentes métodos de digitalización que permitieron recrear un aula de clases de la Universidad Libre sede El Bosque Popular (salón de IoT) con tecnología de realidad virtual (RV), Los resultados fueron positivos, aunque con algunos detalles negativos. Se concluye que todos los métodos fueron efectivos, pero necesitaban una aplicación minuciosa y detallada para obtener los mejores resultados.

Palabras clave: Espacios virtuales; realidad virtual; realismo; interacción; inmersión; fotogrametría; modelado 3D.

ABSTRACT

This article focused on the development of an interactive, immersive and realistic virtual space using specialized software. The purpose of this article is to compile a series of useful and frequently used tools in the creation of this type of spaces, so that the article can be taken as a guide on the elements to be considered to create experiences mediated by virtual reality (tours, university inductions, simulations, etc.), since nowadays this topic has become very important with concepts such as the metaverse. To achieve this, an experimental approach was used based on different digitization methods that allowed recreating a classroom of the Universidad Libre El Bosque Popular (IoT classroom) with virtual reality (VR) technology. The results were positive, although with some negative details. It is concluded that all methods were effective but needed a thorough and detailed application to obtain the best results.

Keywords: Virtual spaces; virtual reality; realism; interaction; immersion; photogrammetry; 3D modeling.

I. INTRODUCCIÓN

EN LOS últimos años, la realidad virtual ha experimentado un notorio auge, especialmente en campos como la salud, la educación, la historia, la ingeniería, los videojuegos y la arquitectura[1][2]; Una de las características más destacables de la

realidad virtual radica en su capacidad para materializar cualquier concepto, limitándose únicamente por la creatividad de los diseñadores e ingenieros involucrados, esta tecnología ofrece múltiples vías de acceso, ya sea a través de dispositivos móviles y computadoras, o de manera aún más inmersiva mediante el uso de gafas de realidad virtual[3].

1 Estudiante de Ingeniería de sistemas de la Universidad Libre de Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1026-7142> Correo electrónico: kevin-rojasv@unilibre.edu.co

2 Estudiante de Ingeniería de sistemas de la Universidad Libre de Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0845-5133> Correo electrónico: damianv-canov@unilibre.edu.co

3 Docente de la facultad de Ingeniería de la Universidad Libre de Colombia, director del semillero SENSORAMA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8399-2425> Correo electrónico: ricardo.santaq@unilibre.edu.co

En áreas como el metaverso y los videojuegos de realidad virtual (RV), se ha evidenciado como las personas buscan una interacción sensorial con estos espacios que se asemeje a gran medida a la realidad; Este interés surge debido a la posibilidad de lograr una coexistencia entre el mundo real y el mundo virtual, lo cual genera la necesidad que aquellos menos familiarizados con estos entornos se sientan lo más cómodos posible, lo que a su vez requiere que la experiencia sensorial se ajuste a la realidad.

Con este motivo, el presente artículo empleó software como Blender y Unity para desarrollar un espacio virtual de un salón de clases, considerando conceptos como la inmersión, la interacción y el realismo, para transmitir una sensación de realidad.

II. ANTECEDENTES

Una de las formas para crear un espacio virtual realista es mediante el modelado 3D. Según la definición de Torres[4] es la representación de un objeto de forma matemática empleando algún software especializado, este método se emplea principalmente en la creación de personajes, que en el caso de Torres fue el modelado de un personaje para el videojuego League of Legends, esta técnica sirve para crear un espacio virtual más realista siguiendo una temática como lo puede ser un videojuego, pero también sirve para replicar la vida real, así como lo muestra Cardillo[5] donde emplea el modelado 3D para salvaguardar bienes culturales como lo son los monumentos de la ciudad de Riobamba.

Otro método para crear espacios virtuales realistas es la fotogrametría, que consiste en la toma de varias fotos de un objeto o un entorno para luego ser procesados con un software especializado y llevarlo al mundo virtual, así como lo lograron Torres, López-Menchero, López, Torrejón y Maschner[6] que lo usaron para digitalizar el yacimiento arqueológico de la Motilla del Azuer, para poder brindar un recorrido virtual abierto al público.

Pero para hacer de estos espacios virtuales algo mucho más realistas no solo basta con la creación de buenos modelos, sino como nombra Folch[7] el

cual en el desarrollo de su modelado interactivo 3D en Unity, mostró la importancia de las reacciones del mundo hacia el usuario para mejorar el realismo del espacio virtual, este empleó herramientas en Unity como son los colisionadores, para poder darle a los objetos propiedades físicas, los cuales actúan similar a la realidad, esto logra que el usuario perciba estos espacios como algo mucho más inmersivo.

En relación con el tema de los espacios inmersivos se puede rescatar lo dicho por Duarte y Rodríguez[8] en su proyecto con relación al uso de la respiración para la interacción en mundos virtuales, señala que la inmersión en estos espacios permite al usuario una nueva gama de acciones, esto a través de medios que sean capaces de hacer lecturas de las actividades sensoriomotoras del usuario, esto se puede lograr a través de aparatos como son las gafas de realidad virtual (RV).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una serie de componentes de Hardware y Software para la creación del espacio virtual, estos elementos son:

A. Hardware

1. Equipo de Cómputo

Procesador: Intel(R) Xeon(R) W-2145 CPU @ 3.70GHz (16 CPUs), ~3.7GHz.
 Memoria: 32 GB RAM.
 OS: Windows 10 Pro-64 bits.
 GPU: NVIDIA GeForce RTX 3050.
 Disco duro: 1 TB

2. Gafas RV (HTC VIVE PRO)

Es un dispositivo de visualización de imágenes por computador que con la ayuda de dos mandos permite al usuario interactuar con el mundo virtual dando una experiencia más inmersiva.

3. Cámara (Oppo A16)

Es un celular inteligente el cual cuenta con tres cámaras traseras, una cámara principal de 13 Mp, un cámara mono de 2Mp y una cámara macro de 2MP, dicho dispositivo se usará para

la toma de fotos de objetos pequeños para emplear fotogrametría.

B. Software

1. *Unity*

Es un motor de videojuegos destinado a crear experiencias interactivas e inmersivas para el usuario, este cuenta con varias herramientas para la creación de espacios virtuales tanto en 2D y 3D, a su vez este es compatible con el desarrollo de tecnologías actuales como son las gafas RV.

2. *Blender*

Es un software que se centra en el esculpido virtual y creación de modelos en 3D con una amplia gama de opciones, al igual que contar con ajustes de texturizado e iluminación para dar un acabado más realista a los modelos desarrollados.

3. *Visual Studio (C#)*

Es un IDE (entorno de desarrollo integrado) de Microsoft el cual tiene la función de ayudar a crear, compilar y depurar líneas de código, esto lo hace por medio de diversos lenguajes, pero para el proyecto se hace énfasis en el lenguaje de programación C#, ya que es el más común a la hora de crear scripts para la plataforma de Unity, los cuales sirven para programar diversos componentes en el espacio virtual, tal como puede ser la interacción del usuario y la respuesta que le da el mundo.

4. *Meshroom*

Es un software de AliceVision el cual se centra en desarrollar modelos en 3D por medio del método de la fotogrametría, el programa acepta una serie de imágenes de un objeto tomadas de diferentes ángulos y a través del potencial de cómputo del equipo con modelos de inteligencia artificial es capaz de llevar un objeto real al espacio virtual.

5. *HTC HUB*

Es el software oficial de HTC VIVE que logra que el equipo sea capaz de entender el sistema de RV "HTC VIVE PRO", esto permite poder transmitir programas hacia las gafas, siempre y cuando estos sean compatibles.

Para el desarrollo de los conceptos centrales del artículo (Realismo, Interacción e inmersión) se hace uso del método experimental, en donde se busca digitalizar un salón de clases real hacia un espacio virtual, haciendo uso de la fotogrametría y el modelado en 3D, para reconocer cualitativamente las similitudes y carencias de este en contraste del real.

IV. PROPUESTA

Teniendo en cuenta lo planteado en los antecedentes, se puede concebir la idea de unir estos elementos en uno solo, lo cual lograría llevar el realismo y la inmersión a un ámbito mucho más completo, en aspectos como los modelos 3D, luces y sombras, físicas y lectura de periféricos.

A. Objetivo general

Aplicar métodos de fotogrametría, modelamiento 3D y programación, mediante herramientas especializadas (Blender y Unity) para la construcción de un espacio virtual que sea realista, interactivo e inmersivo.

B. Objetivos específicos

Para llegar al objetivo se necesitará seguir una serie de pasos tal como son:

1. Emplear técnicas de fotogrametría para capturar con precisión objetos pequeños del mundo real para posteriormente llevarlos a un espacio virtual.
2. Construir modelos 3D mediante la herramienta Blender para la digitalización de elementos de gran tamaño pertenecientes al aula de clase.
3. Adaptar periféricos de RV para la interacción con el espacio creado a partir de los modelos 3D, esto a través de la herramienta Unity.

V. DESARROLLO

Siguiendo lo señalado con anterioridad se desarrolló un espacio virtual tomando como modelo el salón físico de IoT de la Universidad Libre de Colombia sede el bosque popular, ya que este salón

es el que se presta para el desarrollo de las actividades del semillero Sensorama. Fig. 1 y 2.



Fig. 1. Salón IoT – Universidad Libre de Colombia, sede El Bosque Popular (Interior). Fuente: Elaboración propia.



Fig. 2. Salón IoT – Universidad Libre de Colombia, sede El Bosque Popular (Entrada). Fuente: Elaboración propia

Para llevar esto a cabo esto se usó Blender y fotogrametría para hacer un espacio que fuera semejante a la realidad, en este apartado se recomienda que los elementos de gran tamaño, como son los muebles, no se use la fotogrametría, ya que a causa del volumen de los objetos se vuelve complejo tomar las fotos en los ángulos necesarios, por lo que es mejor recrearlos virtualmente moldeándolos.

El paso a paso que se empleó para lograr el objetivo fue (Fig. 3):

1. Obtención de fotos del salón de IoT, esto con el fin de tener una guía real para la elaboración de modelos.
2. Desarrollo de modelos 3D, se usó de Blender (Para la elaboración de modelos desde cero) y Meshroom (Para uso de la fotogrametría).
3. Creación de un espacio funcional para la RV en Unity, este paso es crucial para darle un fin funcional a los modelos desarrollados, aquí se realizan las configuraciones del entorno de Unity al igual que el headset (HTC VIVE PRO).
4. Implementación de modelos en Unity, este paso logra traer lo desarrollado en Blender y Meshroom al espacio de RV.

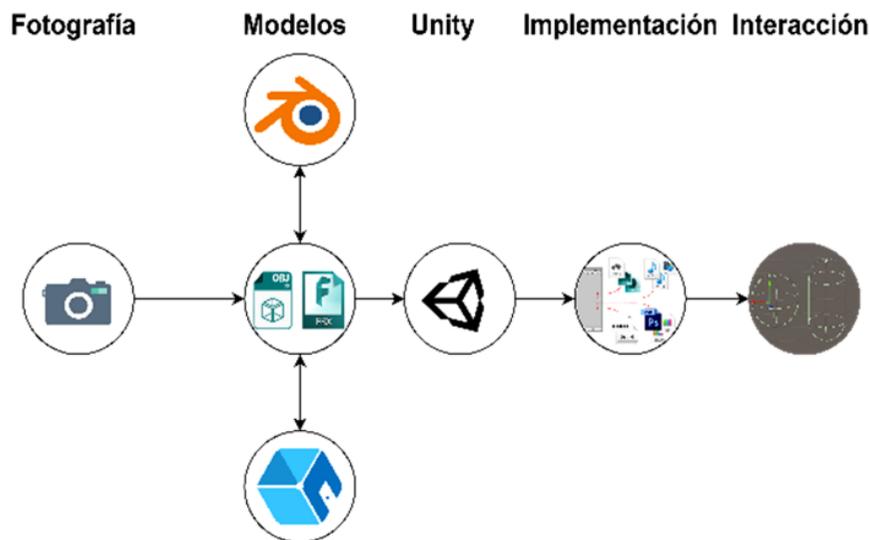


Fig. 3. Diagrama paso a paso para el desarrollo del espacio virtual.
Fuente: Elaboración propia

5. Configuración de colisionadores para la interacción, este paso es uno de los más importantes, ya que permiten que el usuario sea capaz de hacer uso de los modelos creados.

A. Fotogrametría

La fotogrametría es un método que ayuda llevar los objetos reales al mundo virtual, lo logra por medio de una IA (Inteligencia Artificial) que se encarga de unir las fotos tomadas de diferentes ángulos al objetivo, para dar origen al mismo objeto en el mundo virtual[9].

Dicho método puede ahorrar mucho tiempo en la creación del modelo en comparación al esculpido digital y texturizado del objeto (para que este se parezca al real), este proceso puede tardar mucho tiempo o poco, depende de la cantidad de fotos, donde, entre mayor sea el número de estas será mejor para la IA obtener un mejor resultado final, pero va a tomarle más tiempo entregarlo.

Por otra parte, el tiempo de procesamiento del método difiere según la potencia del equipo en uso, por ser una IA que está leyendo imágenes, procesándolas y uniéndolas para crear el modelo, consume muchos recursos del equipo.

El resultado de la fotogrametría a la hora de tomar las fotos depende mucho de tres factores, el primero es la orientación de la cámara sobre el objeto, ya que los mejores resultados se producen cuando la cámara es la que rota alrededor del objeto y no viceversa, esta práctica ayuda a que los modelos de inteligencia artificial entiendan la lógica del objeto de manera más sencilla.

El segundo es la iluminación presente al momento de fotografiar, puesto que al momento de captar el objetivo en diferentes ángulos y por los cambios de posición de las Fuentes de luz, causa que esas imágenes salgan con más o menos iluminación, e incluso que el objeto presente reflejos, estos errores son los que hacen que se dificulte para la IA entender las fotos haciendo que esta descarte imágenes que puedan tener información importante para su modelado[10].

El tercero es hacer uso de una cámara que tenga una buena calidad para la toma de fotos, si la

cámara es buena, mejor se verá el modelo en el espacio virtual.

El objeto que se sometió a fotogrametría fue un Magic mouse de Apple, para la toma de la fotografía, se ubicó un lugar donde no interfirieran Fuentes de luz naturales, además de poner el mouse sobre una superficie negra para se creara un alto contraste y fuera más fácil para la IA entender objetivo. Fig. 4.



Fig. 4. Magic mouse de Apple. Fuente: Elaboración propia

Luego de tomar un total de 66 imágenes, se sometieron a la IA de Meshroom. Fig. 5.

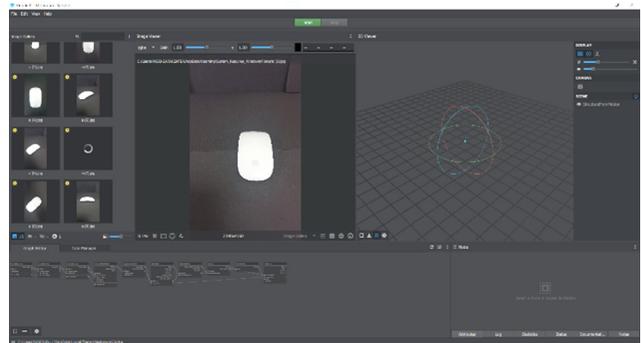


Fig. 5. Fotos cargadas en Meshroom.
Fuente: Elaboración propia

B. Modelado en 3D

En este caso se replicaron los escritorios, sillas, el sofá y la estantería que se encuentran en el salón de IoT, que son los objetos de mayor tamaño de este. Fig. 6.



Fig. 6. Escritorio dentro del salón de IoT.
Fuente: Elaboración propia

Para la creación del escritorio se parte de una figura simple como lo son cubos, esferas, cilindros, conos, roscas o también se puede emplear planos rectos, curvos, circulares, según lo que más beneficie para agilizar el proceso, en este caso se emplea un cubo, para poder modificar la figura se debe seleccionarla y entrar en el modo edición, para posteriormente con la ayuda de teclas como “CTRL + R” para crear cortes rectos en la figura, “S” para escalar, “A” para seleccionar el objeto, “E” para extruir, por otra parte, al seleccionar el objeto en la parte derecha debajo de la pantalla aparece un panel para configurar la figura, agregar modificadores, texturas y otras funciones[11][12]. Fig. 7, 8 y 9.

C. Controles de Realidad Virtual

Pasando al tema de inmersión e interacción, se puede decir que estos conceptos son de extrema importancia para hacer un espacio virtual, ya que la inmersión es la que permite trasladar parte de los sentidos a ese espacio al igual que ciertas habilidades motoras del cuerpo humano, estas últimas son el enfoque de la interacción el usar esas habilidades reales para que el usuario pueda hacer manipulación del espacio virtual, para este artículo se empleó una inmersión más profunda que el promedio haciendo uso de gafas de RV, las cuales proporcionaron una alta gama de habilidades motoras rescatadas, al igual que un sentido de la vista más enriquecido, los controles y elementos interactivos se lograron a través del motor de Unity.

Para los controles del visor y los mandos se hizo uso de las librerías opcionales que otorga Unity para la RV, cabe recalcar que estas hacen parte de

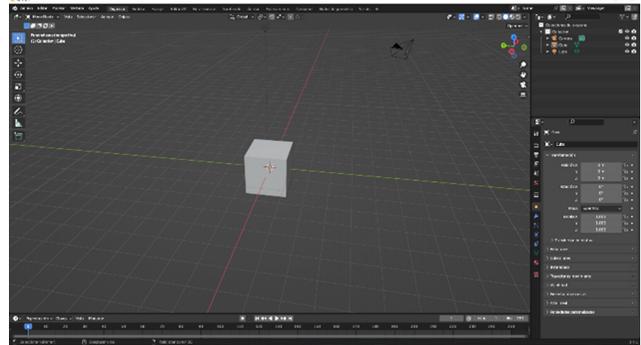


Fig. 7. Creación del modelo de la mesa [Parte 1].
Fuente: Elaboración propia

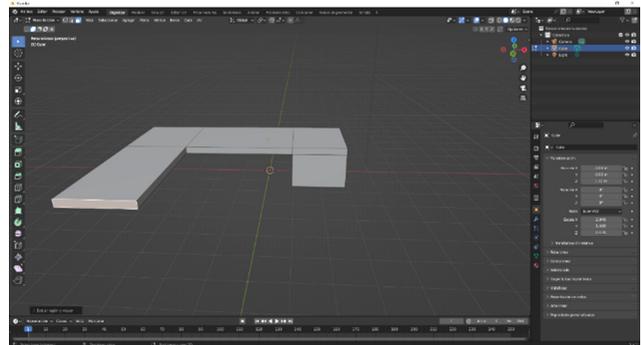


Fig. 8. Creación del modelo de la mesa [Parte 2].
Fuente: Elaboración propia

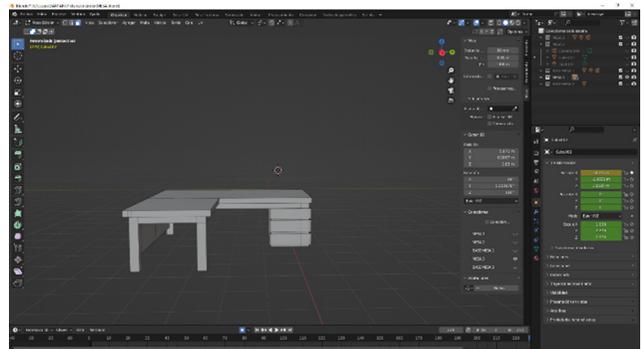


Fig. 9. Creación del modelo de la mesa [Parte 3].
Fuente: Elaboración propia

una sección experimental con constantes cambios, lo que puede hacer que el sistema actúe de manera distinta según la versión del mismo, a su vez es necesario configurar estas librerías para que el visor en cuestión, en el caso del proyecto fueron necesario los controladores para HTC VIVE, esto como tal permite usar una serie de assets pre-creados por Unity para hacer uso del set RV de una manera más sencilla y rápida.

En este proyecto se tomó esta serie de controladores para permitir que el usuario pudiera tanto mover el visor según el movimiento real de la cabeza del usuario, como el de los mandos inalámbricos, empleados para que el usuario pudiera interactuar con ellos mediante unas manos virtuales, esto se logra gracias al seguimiento preciso de las manos reales del usuario, a su vez estas tienen colisionadores que sirvieron para accionar los diversos scripts que posee el espacio. Fig. 10 y 11.

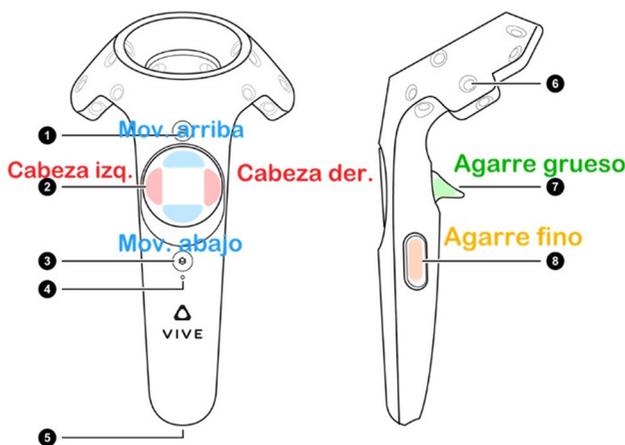


Fig. 10. Mapeo de controles empleados para HTC VIVE PRO.
 Fuente: Elaboración propia

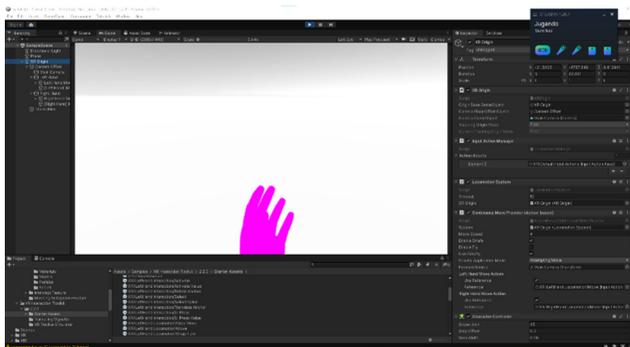


Fig. 11. Interfaz de Unity con los controladores de las manos funcionales. Fuente: Elaboración propia

Hablando más específicamente del apartado anterior, aunque en el mundo creado, el usuario solo pueda ver sus manos y que como tal no tenga un modelo de cuerpo no implica que este no exista, ya que el visor está anclado a un objeto que posee una serie de colisionadores, al igual que las manos, esto permite brindarle físicas básicas al cuerpo del

usuario, para que este no esté haciendo cosas poco realistas como traspasar muros[13]. Fig. 12.

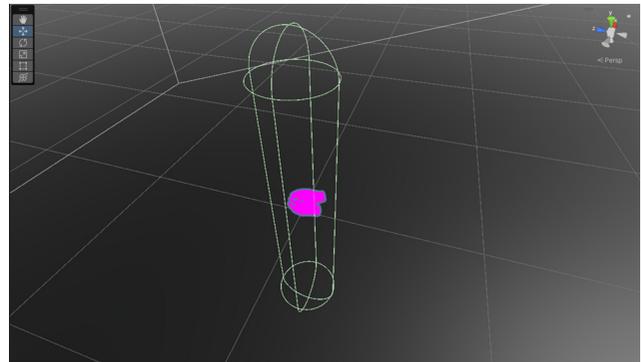


Fig. 12. Colisionadores del usuario principal.
 Fuente: Elaboración propia

A su vez para los mandos es importante configurar un sistema de movimientos, los más comunes (aunque no muy inmersivos) en tecnología de RV, es la teletransportación limitada y el movimiento mediante palanca analógica o touch pad (como el que tiene HTC VIVE PRO), para este proyecto se optó por el segundo, por sus facilidades de programar, a su vez se configuró el movimiento de la cabeza mediante el touch pad, aunque este elemento vaya un poco en contra de la inmersión, es de vital importancia incorporarlo si no queremos causar molestias en el cuello de los usuarios (aunque se puede girar la cabeza para la misma acción). Finalmente, los mandos se les incorporó dos tipos de agarre para la interacción con el mundo, uno fino para interactuar con cosas pequeñas y uno grueso para las cosas de mayor tamaño, esto se hizo mediante los botones y gatillos de los controles. Fig. 13 y 14.



Fig. 13. Sesión de pruebas del sistema de interacción de las manos de RV. Fuente: Elaboración propia



Fig. 14. Probando la interacción con un objeto en el espacio virtual. Fuente: Elaboración propia

D. Modelos de interacción

Para lograr que el usuario pueda controlar elementos en el entorno es necesario que estos tengan unos "scripts", las manos son "interactuadores" y los objetos son "interactuables", esto es lo que permite jugar con las físicas que fueron programadas en los objetos, además de esto se necesita de dos elementos de Unity, los cuales son los "colisionadores" y los "cuerpos rígidos" [14].

Como se ha dicho anteriormente, los colisionadores tienen el fin de identificar cuando dos objetos están en interacción, a la vez que ayuda a evitar que entre ellos se traspasen. Los cuerpos rígidos es un elemento de Unity que ayuda a asignarle físicas básicas a los objetos, como puede ser su peso y el uso de la gravedad. Fig. 15.

Al momento de combinar todos estos elementos permiten configurar particularmente los objetos con los que puede interactuar el usuario, construir este apartado es importante para el

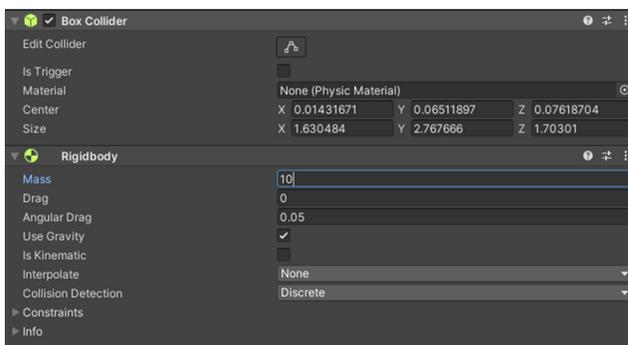


Fig. 15. Configuración de colisionadores y cuerpos rígidos en Unity. Fuente: Elaboración propia

realismo, interacción e inmersión, ya que la persona debe sentir que sus habilidades motrices están coordinadas con el entorno, o si no de lo contrario la experiencia perdería realismo, por ejemplo una persona adulta promedio debería ser capaz de alzar elementos tales como son sillas, computadores, cajas, etc., pero no debería poder alzar toda el aula completa, esto estaría en contra de los principios naturales y haría como consecuencia la pérdida de la inmersión y el realismo de la experiencia [15].

VI. RESULTADOS

Después del proceso explicado en el desarrollo, estos fueron los resultados a la hora de virtualizar el aula IoT de la universidad libre:

Empezamos con el método de la fotogrametría, luego de tomar un total de 66 imágenes, se sometieron a la IA de Meshroom, esta tomo un total de 30 minutos de procesamiento, obteniendo un resultado, que no logró el nivel de calidad satisfactorio, porque el objeto en cuestión es imperceptible en el modelo final, este resultado se debe a factores como la cantidad de fotos, la calidad de la cámara y los reflejos de la luz. Fig. 16.

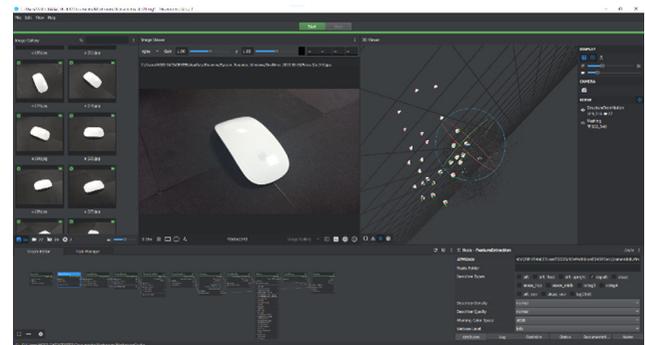


Fig. 16. Creación de modelos Magic Mouse de Apple con Meshroom. Fuente: Elaboración propia

A causa de este resultado no se incluyó el modelo en el salón de IoT.

A diferencia de la fotogrametría, el modelado 3D dio mejores resultados, para la realización del salón de IoT la mayoría de los objetos se modelaron obteniendo los siguientes resultados. Fig. 17.

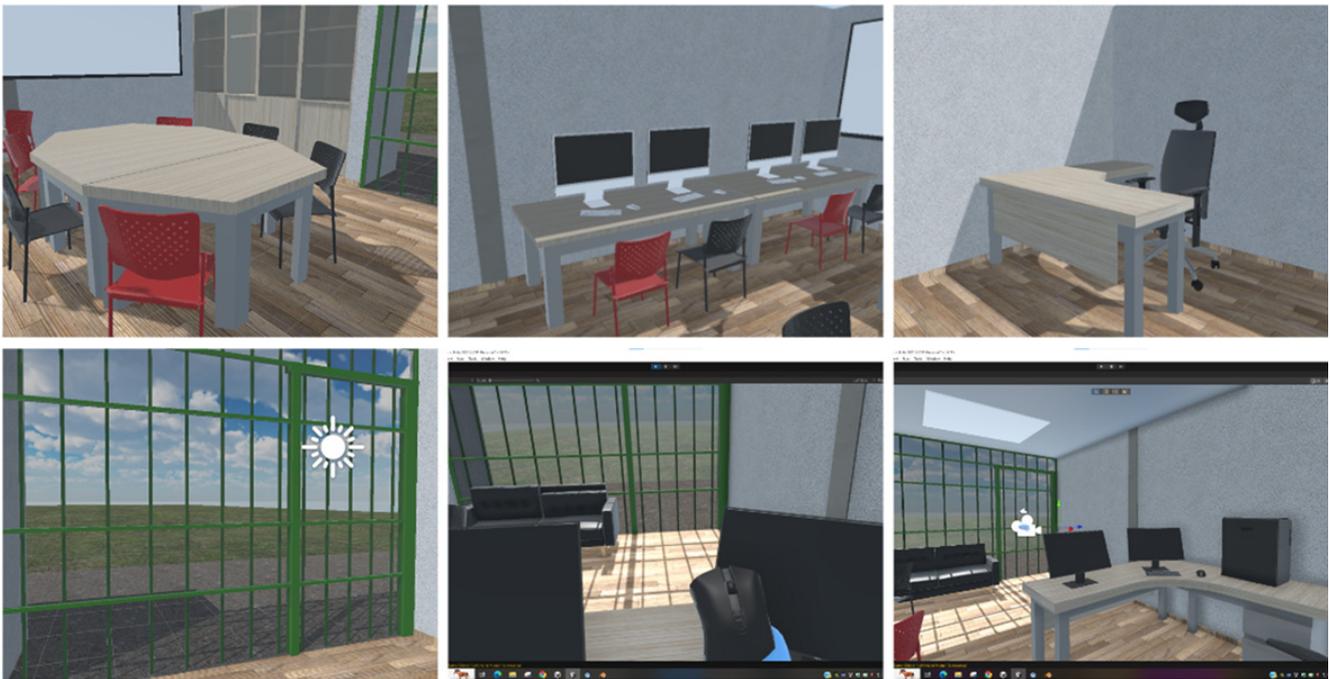


Fig. 17. Modelos pertenecientes al espacio virtual, ya en el entorno de Unity. Fuente: Elaboración propia

Con relación al espacio creado en Unity, se consiguió desarrollar dos sistemas de movimiento simultáneos, la teletransportación automática y el movimiento continuo, el primero sirve para que el usuario se movilice automáticamente a una ubicación deseada a través de un aro de luz, mientras que el otro funciona como si fuera un joystick (en el caso de HTC VIVE PRO un touchpad).

Para conseguir que los objetos exportados de Blender tuvieran materiales, fue necesario crear estos en el entorno de Unity, porque no se consiguió exportarlos de una manera óptima, para esta labor (al igual que para la creación de algunos modelos) se hizo uso de la herramienta "probuilder". Fig. 18.



Fig. 18. Mesa con texturizado de madera importada en Unity. Fuente: Elaboración propia

Para finalizar se logró correctamente implementar los sistemas de interacción con los objetos del espacio, pero no se consiguió crear colisionadores perfectos para todos los modelos que tuvieran formas muy complejas, porque las áreas básicas de Unity no contemplan este tipo de formas, por lo cual en el espacio hay modelos que por pequeñas secciones traspasan a otros, cabe recalcar que las manos interactúan con estos elementos a través de dos tipos de agarre, uno grueso y uno fino (siendo el grueso el agarre con toda la mano y el fino solo con el uso del pulgar y el índice), pero en general los resultados fueron satisfactorios para la interacción, inmersión y realismo. Fig. 19.

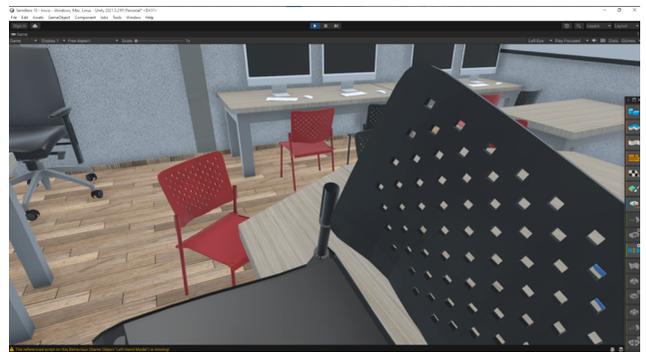


Fig. 19. Usuario alzando una de las sillas del espacio virtual. Fuente: Elaboración propia

VII. RECOMENDACIONES

Con base en lo logrado en el desarrollo del proyecto, se considera que al momento de aplicar cada técnica ciertos aspectos pueden mejorar para obtener un mejor resultado, empezando por la fotogrametría, en el momento de la toma de fotos se deben considerar los siguientes aspectos:

- Toma de fotos: Se debe realizar en un entorno controlado, donde se mantenga un mismo nivel de iluminación para cualquier perspectiva del objeto, además de poner un fondo monocromático que cree un contraste alto con el objeto.
- Selección de objeto: El objeto que queremos someter al proceso debe tener colores mate, para que no se refleje la luz y que el mismo no posea materiales transparentes como cristales.

Continuando con el modelado 3D, cuando se quiere crear un objeto no se debe entender como una sola figura, sino que se debe entender como un conjunto de figuras por separado que van a tener diferentes características, esta práctica facilita al momento en que se va a poner textura a los objetos.

Con relación a Unity se recomienda emplearlo de una manera personalizada sin tanta ayuda de los assets que este brinda, ya que al momento de intentar hacer cosas muy específicas genera bastantes errores, como puede ser a la hora de emplear otro tipo de botones para la interacción, en donde el cambio de un componente puede dejar la mano inservible, al igual que se dificulta añadir opciones especiales como es el uso de la vibración de los mandos.

Finalmente, resaltar la importancia de implementar un sistema de movimiento cómodo, lo cual se logra a través de una gran cantidad de pruebas de funcionalidad, ya que al tratar con sistemas como son la RV es muy posible que la persona sufra de náuseas y mareos, al ser sometida a velocidades muy altas dentro del espacio virtual, es de alta necesidad calibrar este elemento de manera correcta.

VIII. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el resultado final fue satisfactorio, cumpliendo con las características de inmersión, interacción y realismo preconcebidas, pero con algunas problemáticas:

La fotogrametría es una gran herramienta, pero necesita de una aplicación demasiado minuciosa para obtener buenos resultados, por lo cual el resultado final de los modelos del salón IoT se apoyó en su mayoría por Blender y sus herramientas de transformación y esculpido de figuras.

A su vez, hay que señalar que la configuración de Unity permitió una correcta interacción con el mundo virtual, aunque esta fue simple centrándose en el agarre de objetos, al igual que se logró una alta inmersión a través del uso del set de RV.

Los acabados realistas de los modelos también se llevaron a cabo en el mismo programa, ya que en este se terminó de pulir el texturizado y la iluminación dinámica de los objetos.

Finalmente, como conclusión general, el usar este tipo de herramientas empleadas en la elaboración de este proyecto, puede ayudar a construir una gran cantidad de experiencias para diversos ámbitos, con lo mostrado se pueden crear inducciones, recorridos y simulacros, que pueden ser visitados las veces que se quiera sin necesidad de desplazarse hasta el sitio, se puede llegar a creer que desarrollar estos espacios es una tarea muy compleja, pero en la actualidad ya existen muchas facilidades que ayudan a crear estos espacios de una manera sencilla, permitiéndole a cualquiera con un poco de tiempo libre darle cuerda suelta a su imaginación y crear el espacio que desee.

REFERENCIAS

- [1] L. Pacheco y J. Romero, *Implementación de la metodología bim en el sector de la construcción para el modelado virtual piloto del bloque 12 de la Universidad de la Costa*, Universidad de la Costa, 2019. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/4625>.
- [2] F. Marotta, A. Addati y J. Montes de Oca, *Simulaciones con realidad inmersiva, semi inmersiva*, Buenos días: Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina, 2020. <https://www.econstor.eu/handle/10419/238365>.

- [3] G. Lorenzo, A. Lorenzo, A. Lledó y E. Pérez, «Creación de un entorno de realidad virtual inmersiva para la comunicación e interacción social: estudio piloto en alumnado con trastorno del espectro autista», *Revista de educación a distancia*, 2023. <https://revistas.um.es/red/article/view/539141>.
- [4] A. Torres, «Diseño y modelado 3D de un personaje para videojuegos», *Universitat Politècnica de València*, 2022. <http://hdl.handle.net/10251/185311>.
- [5] N. Cardillo, «De la escultura tradicional al modelado digital 3D», *Universidad de Sevilla*, 15 Septiembre 2020. <https://hdl.handle.net/11441/106748>.
- [6] M. Torres, V. López-Menchero, J. López, J. Torrejón y H. Maschner, «Proyectos de digitalización y realidad virtual en el patrimonio arqueológico. el caso del yacimiento de la motilla del Azuer Endaimiel (ciudad real)», *Universitat Politècnica de València*, vol. 13, n° 26, p. 135-146, 2022. <https://doi.org/10.4995/var.2022.15004>.
- [7] D. Folch, «Diseño e implementación de un modelado 3D interactivo de la ETSIGCT mediante el motor gráfico UNITY», *Universitat Politècnica de València*, 2021. <http://hdl.handle.net/10251/174179>.
- [8] Y. Duarte y A. Rodríguez, «Exploraciones sobre la respiración como control alternativo para interactuar con un mundo virtual», *INTERACCIÓN - Revista Digital ed AIPO*, vol. 3, n° 1, 27 Junio 2022. <http://revista.aipo.es/index.php/INTERACION/article/view/58>.
- [9] M. Diaz, *Modelado 3D de precisión en procesos de digitalización de escultura construida*, Universidad de La Laguna, 2021. <https://www.redalyc.org/journal/6958/695874003008/>.
- [10] Ó. Muñoz, E. Moga y A. Sánchez, «Análisis de dos técnicas para la digitalización de colecciones históricas de modelos anatómicos», 2023. <https://www.journals.eagora.org/revHUMAN/article/view/4762>.
- [11] J. M. Cantero, *Creación y Modelado 3D de un personaje para video educativos*, Valencia: Universidad Política De Valencia, 2021. <https://www.econstor.eu/handle/10419/238365>.
- [12] Y. Tang y H. L. Ho, «3D modeling and computer graphics in virtual reality», de *Mixed Reality and Three-Dimensional Computer Graphics*, London, IntechOpen, 2020. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Rm0tEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA69&dq=realistic+modeling+on+blender&ots=sJsda_oNY7&sig=3aiBpZsZsjrHMdN_UYAXy_umR_gA#v=onepage&q=realistic%20modeling%20on%20blender&f=false.
- [13] V. Tamminen, «Combat hit detection system for 3D action role-playing games in Unity», *Theseus*, p. 54, Octubre 2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022112223619>.
- [14] J. Llobera, J. Booth y C. Charbonnier, «Physics-based character animation controllers», *Motion, Interaction and Games*, p. 4, Noviembre 2021. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/86759364/MIG_2021_Procedural_MarCon_Poster-libre.pdf?1653992990=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPhysics_based_character_animation_contro.pdf&Expires=1698160715&Signature=el294RQ4jT4sAzJS0IGJ5jB.
- [15] T. Jolevska, *Interactive Architectural Visualizations using Unity*, Ljubljana: University of Ljubljana, 2019. <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=110153>.

