



**Generación de modelos 3D de órganos anatómicos a partir de imágenes médicas  
manipulables en un entorno de realidad virtual**

**Erika Katherin Olivera Parrado**

**Brayan Danilo Lozano Gonzales**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIRECCIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS**

**BIOMÉDICOS / INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2022**

**Generación de modelos 3D de órganos anatómicos a partir de imágenes médicas  
manipulables utilizando un entorno de realidad virtual**

**Erika Katherin Olivera Parrado**

**Brayan Danilo Lozano Gonzales**

Trabajo de investigación presentada(o) como requisito para optar al título de: Tecnología en  
Mantenimiento de Equipos Biomédicos

Director:

MSc. Ricardo Alonso Espinosa Medina

**UNIVERSIDAD ECCI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIRECCIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS**

**BIOMÉDICOS / INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2022**

### **Agradecimientos**

A Dios y a la Virgen por brindarnos la fortaleza necesaria para asumir el reto de este proyecto

A nuestras familias por el constante apoyo que nos transmiten para emprender nuevos desafíos.

A nuestro tutor de tesis MSc. Ricardo Alonso Espinosa Medina el cual propició que el presente proyecto fuera posible culminar debido al constante acompañamiento durante todo el proceso que nos tomó realizar la tesis. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro.

A la universidad por suministrarnos los espacios de la biblioteca y laboratorios que tiene el edificio CEINTECCI.

**Contenido**

	<b>Pág.</b>
<b>Resumen</b>	6
<b>Introducción</b>	9
<b>1. Planteamiento del Problema</b>	12
1.1 Descripción del problema	13
1.1.1 Formulación del problema	13
<b>2. Justificación</b>	14
<b>3. Objetivos</b>	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivo General	16
<b>4. Estado del arte</b>	17
<b>5. Marco teórico</b>	20
5.1 Realidad virtual y aumentada	20
5.2 Plataformas para realizar realidad virtual.	21
5.3 Características de los ambientes virtuales enfocados a la enseñanza.	23
5.4 Herramientas para la visualización de ambientes virtuales (Gafas RV y Celulares).	25
5.5 Reconstrucción 3D de los modelos anatómicos a partir de imágenes médicas.	26
<b>6. Metodología</b>	27
<b>7. Resultados</b>	33
<b>8. Conclusiones</b>	35
<b>Referencias</b>	36

**Lista de figuras****Pág.**

Figura 1 Fases del modelo instruccional. Fuente: Batista, M. H. (2006)

Figura 2 Funcionamiento de las Google Cardboard. Fuente: Mouze Alandete, J. J. (2019)

Figura 3 Interfaz 3D Slicer. Fuente: Ávila, J. S., Marco De Rossi, E., & Martínez, M. (2018)

Figura 4 Datos de Interfaz toma izquierda y Interfaz Slicer derecha. Fuente: Propia

Figura 5 Así se observará nuestro gráfico en blender. Fuente: Propia

Figura 6 Gafas de realidad virtual Quest 2 a mano izquierda y Interfaz de Oculus. Fuente: Propia

Figura 7 Interfaz de Oculus Home durante la conexión de las Gafas VR al PC, en un punto del proceso se debe seleccionar el tipo de conexión, inalámbrica o cable. Fuente: Propia

Figura 8 3D Slicer, convertir imágenes de diagnóstico en modelos 3D. Fuente: Propia

Figura 9 Escena de Unity. Fuente: Propia

Figura 10 Manipulación de modelo anatómico en Unity. Fuente: Propia

## **Resumen**

La educación se encuentra en constante cambio en busca de innovar sus metodologías de aprendizaje, dentro de las diferentes opciones que nos ofrece la tecnología se encuentra la realidad virtual y aumentada como una manera de vivir la experiencia del contenido que preparan los educadores a sus estudiantes. Partiendo del enfoque de la realidad virtual como una herramienta alternativa para el aprendizaje se presenta el siguiente proyecto que busca “Desarrollar un escenario de realidad virtual para visualizar modelos 3D anatómicos como parte de un proceso de aprendizaje para estudiantes interesados en imágenes diagnósticas a través de la plataforma Unity y Gafas de realidad virtual”. El diseño metodológico consistió en la toma de imágenes médicas en archivo DICOM que posteriormente son transformadas a modelos 3D anatómicos para finalizar, se crea el entorno de realidad virtual con las características necesarias para que el jugador interactúe con los objetos e ingresan los biomodelos anatómicos obtenidos de las imágenes DICOM. Dentro de este contexto establecemos las herramientas que implementaremos para alcanzar el objetivo del proyecto 3D Slicer, Blender, Oculus Home, Oculus Quest 2 y el uso del motor gráfico de Unity.

El resultado final es un jugador dinámico con el entorno diseñado en Unity, él cual puede colisionar, tomar, acercar, alejar, desplazarse y visualizar los objetos que existen en la escena, para finalizar cabe destacar que la realidad virtual permite personalizar la enseñanza de acuerdo a la temática que se desea transmitir en este caso son las estructuras anatómicas.

**Palabras clave: Imágenes médicas, archivos DICOM, Realidad virtual, Simuladores, Modelos 3D, Motores Gráficos.**

**Abstract**

Education is constantly changing in search of innovating its learning methodologies, within the different options offered by technology is virtual and augmented reality as a way to live the experience of the content that educators prepare for their students. Based on the approach of virtual reality as an alternative tool for learning, the following project aims to "Develop a virtual reality scenario to visualize 3D anatomical models as part of a learning process for students interested in diagnostic imaging through the Unity platform and virtual reality glasses". The methodological design consisted of taking medical images in DICOM files that are later transformed into 3D anatomical models. Finally, the virtual reality environment is created with the necessary characteristics for the player to interact with the objects and enter the anatomical biomodels obtained from the DICOM images. Within this context we establish the tools that we will implement to achieve the objective of the project 3D Slicer, Blender, Oculus Home, Oculus Quest 2 and the use of the Unity graphics engine.

The final result is a dynamic player with the environment designed in Unity, which can collide, take, zoom in, zoom out, move and visualize the objects that exist in the scene, finally it should be noted that virtual reality allows to customize the teaching according to the theme to be transmitted in this case are the anatomical structures.

**Keywords:**

**Medical images, DICOM files, Virtual Reality, Simulators, 3D Models, Graphics Engines.**

## Introducción

Las imágenes médicas son herramientas indispensables para los profesionales de la salud, ya que permiten identificar, diagnosticar y seleccionar el tratamiento que mejor se ajuste a la patología que presente el paciente. Actualmente, se cuenta con las siguientes tecnologías para adquirir imágenes del cuerpo humano: Tomografía Axial Computarizada (TC), Resonancia Magnética (MRI), Tomografía por Emisión de Positrón (PET), Encefalogramas, Ultrasonidos entre otros. Cada una de estas imágenes son solicitadas según el especialista lo requiera para confirmar o descartar la existencia de enfermedades (Pereira Barzaga, 2012).

Todas las imágenes médicas se presentan en ficheros dentro del estándar internacional para las imágenes médicas digitales -DICOM que permiten la visualización de estructuras anatómicas internas y superficiales del cuerpo humano en los planos anatómicos frontal, sagital o transversal. El protocolo DICOM establece el mecanismo para codificar, almacenar y transmitir información del paciente incluyendo imágenes médicas que contiene grandes volúmenes de datos (Piankyh, O. S. 2012). En la web existen repositorios con imágenes médicas de ficheros DICOM, tales como: Radiology Uiowa y Dicom Library, que permiten descargar conjuntos de datos para posteriormente realizar la construcción de modelos 3D el cual tendrá una extensión de archivo \*.stl.

Las imágenes médicas se enlazan e integran con aplicaciones que posibilitan transformaciones espaciales y morfológicas de la imagen, así como también la visualización en 3D de estructuras anatómicas (Castillo, H. M., & Alfaro, M. O. 2011). El proceso de formación del modelo 3D se puede dividir en los siguientes pasos: 1) Adquisición de datos DICOM, 2) El procesamiento de imágenes DICOM, para formar un volumen (V) cada punto de V definido en coordenadas  $x$ ,  $y$  y  $z$  denominado voxel, 3) Construcción del modelo tridimensional mediante algoritmos de



triangulación (Gerke, Yamashita, 2019). Los modelos geométricos obtenidos dependen altamente del hardware gráfico y herramientas de software que faciliten la interacción humano-máquina-data para la exploración y análisis de los tejidos (Gavidia, G., Soudah, E., 2011).

Cada paso es una fuente potencial de errores y distorsiones del modelo final, debido al proceso de segmentación que se realiza sobre el área de interés, muchas veces, este proceso considera el nivel de grises para realizar la segmentación del órgano de interés, debido a que cada órgano tiene una densidad específica que se ve diferenciada por un gris particular. Estructuras demasiado densas, como los huesos, tienden a ser un gris muy claro, en su extremo color blanco, y estructuras menos densas (que tiene liquido o huecas) tienden hacer grises mas oscuros, en su extremo color negro (Gavidia, G., Soudah, E., 2011). El proceso de segmentación busca separar y excluir los voxeles que están fuera del umbral de tonos de grises, de esta manera, se hace una discriminación de los elementos que no hacen parte del área de interés formado un biomodelo 3D . El modelo 3D es guardado como archivo STL, se puede imprimir en 3D para obtener un modelo físico o llevarlo a un entorno de realidad virtual VR para una simulación dinámica, con alto contenido gráfico, acústico y táctil, con un resultado altamente participativo de los sujetos, en un ambiente artificial. La impresión 3D y VR deparan grandes cosas al servicio de la humanidad no solo en el campo de la medicina sino en otros terrenos como: ingenierías, humanidades, aprendizaje académico e investigaciones, etc (Pereira Barzaga, O. 2012); cualquiera de las dos opciones (impresión 3D o VR) en el campo médico y en la preparación de futuros especialistas pronostican avances tales como: ampliar el conocimiento de las patologías existentes y recientes en la medicina, asistencia remota de especialistas, modelos físicos anatómicos, simulaciones quirúrgicas.

En este trabajo se propone una metodología para generar modelos 3D anatómicos, a partir de imágenes médicas, que pueden ser manipulados en un ambiente de realidad virtual (VR), como

una herramienta para el aprendizaje de temas relacionados con anatomía, fisiología, y salud en general.

## 1. Planteamiento del Problema

El proceso de digitalización en 3D es la representación tridimensional de cualquier objeto; dando como resultado el poder visualizar volúmenes mediante el uso de software especializados que permiten la creación, procesamiento, manipulación, modelamiento y animación de un objeto, de igual manera, es posible realizar cálculos, estudiar sus propiedades o editar las imperfecciones que presentan los modelos 3D entre otras funciones que tiene el software para obtener la versión más realista de lo que se tiene planeado. La digitalización implica una toma de datos y un procesamiento informático de los mismos (Torres, J. C., Cano, P., 2010).

En este caso la adquisición de datos se da a través de imágenes médicas que representan los órganos del cuerpo humano en cualquiera de los planos frontal, sagital o transversal. Las tecnologías de diagnóstico como: Tomografía Axial Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (MRI), han tenido un gran impacto en la medicina debido a su alta precisión para representar la anatomía del cuerpo humano (Castillo, H. M., & Alfaro, M. O. (2011). Estos equipos exportan sus imágenes en archivos DICOM (Pereira Barzaga, O. 2012). Los dispositivos médicos TC o MRI toman una serie de imágenes (cada imagen con dimensiones  $m$  filas y  $n$  columnas) a lo largo del cuerpo, llamado cortes. Al set de cortes se le añade la coordenada de profundidad ( $o$ ) que determina el espesor del corte. Por consiguiente se tiene un cubo tridimensional, asociado a un espacio de coordenadas ( $m \times n \times o$ ) llamado voxel, luego se segmenta el órgano de interés y elimina elementos no conectados presentes en los volúmenes segmentados (Iberdrola 2020)(Buzug, T. M. 2011). Por último, se obtiene el modelo 3D de la superficie sólida de interés anatómico. Sin embargo, no hay una metodología estándar que permita, de manera fácil y ágil, hacer la segmentación, reconstrucción 3D y finalmente creación de un ambiente de realidad virtual (VR), para visualizar biomodelos en 3D. Además, existen recursos digitales que cambian constantemente

o se actualizan rápidamente, debido al gran interés que hay en la actualidad sobre el tema VR. Utilizar una herramienta para el proceso de reconstrucción 3D y creación de ambientes virtuales, queda rápidamente obsoleto en muy corto tiempo.

- **1.1 Descripción del problema**

La educación vive un proceso continuo de cambio en busca de la calidad, el uso de nuevas herramientas favorecen dicho proceso, por lo tanto, la utilización de plataformas virtuales encaminadas a realidad virtual y metaversos dinamizan los procesos de enseñanza contribuyendo a organizar y actualizar los contenidos para los estudiantes y los docentes que interactúan dentro del ambiente virtual (Anacona, J. D., Millán, E. E., 2019). Colombia está iniciando este proceso de integración de la realidad virtual al modelo académico como una alternativa de aprendizaje. Nuñez Ricardo, F. J. (2017) encontró que en Colombia las universidades con programas de medicina acreditados poseen escenarios para simulación virtual, sin embargo el 45% incluye simulación dentro del currículum. Nuestra propuesta de desarrollo aporta al crecimiento en este campo de aplicación, el cual busca llevar a cabo el desarrollo de un escenario virtual que dinamicen el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes en formación de medicina o Ingeniería Biomédica haciendo uso de modelos 3D anatómicos en un entorno de realidad virtual.

- 1.1.1 Formulación del problema**

¿Cuáles son los elementos a considerar en el diseño de un escenario de realidad virtual para visualización, manipulación e interacción de modelos anatómicos 3D a través de la plataforma Unity y gafas de realidad virtual para facilitar el proceso de aprendizaje para estudiantes interesados en imágenes diagnósticas y biomodelos?

## 2. Justificación

La pandemia aceleró el desarrollo tecnológico, permitiendo que hoy en el mercado existan tecnologías que estaban proyectadas a futuro. El sector de la salud, es quizá uno de los que más desarrollo tecnológico ha implementado en este período. La realidad virtual y aumentada se presenta como solución a las dificultades que se presentaron, según la firma CB Insight, estas han tenido un papel importante en la emergencia sanitaria y aseguran que tendrán más protagonismo una vez superada la crisis. Se tiene proyecciones que en 2025 este mercado de realidad virtual alcance US\$12.600 millones, con impacto en todo los sectores como: industria automotriz, educación, investigación, recreación de planos, marketing, entretenimiento, hotelería y turismo entre otros campos. En Colombia, existen startups enfocadas al desarrollo de entornos de realidad virtual para diversas áreas como: desarrollo empresarial, marketing, turismo y educación siendo esta última la que tiene mayor presencia en los startups de emprendimiento, ya que el objetivo común denominador es: Generar modelos de enseñanza dinámicos e interactivos que faciliten y fortalezcan el proceso de aprendizaje de las diferentes asignaturas académicas desde básica primaria hasta carreras profesionales (Semana 2020).

El sector de la medicina se ve ampliamente beneficiado, puesto que la curva de aprendizaje mejorará en materias como: bioquímica, neurología, morfofisiología, anatomía entre otras, puesto que disminuirá la complejidad con la implementación de herramientas tecnológicas e innovadoras como lo es la realidad virtual y aumentada, ya que proporciona escenarios orientados a practicar, visualizar, manipular, simular ambientes de estrés y complicación como lo es una sala de urgencias o quirófano, de esta manera se entrena en un ambiente controlado y seguro que permite equivocarse para aprender del error cometido las veces que sean necesarias con el objetivo final que el estudiante afiance, reflexione y practique sobre la experiencia que tuvo en la simulación;

consolidando a un profesional con la capacidad para la toma de decisiones diagnósticas y tratamientos efectivos para los pacientes. Por último, cabe destacar que el entrenamiento en dichos simuladores puede ser personalizado para cada alumno con la finalidad que fortalezca sus habilidades y minimice las falencias que presenta en el desarrollo formativo (Corvetto, M., Bravo, M. P., 2013).

Desde esta perspectiva, la clase magistral basada en el profesor con alumnos como receptores pasivos y con bajo nivel de interactividad pierde parte de su valor en la formación de los futuros profesionales; los nuevos espacios de formación con funciones específicas para el desarrollo e innovación de metodologías constituyen el eje de este cambio de paradigma educativo que necesita la medicina en el siglo XXI (Batista, M. H. 2006), emergiendo como una herramienta alternativa el uso de la realidad virtual, aumentada y mixta.

Para culminar la educación constituye actualmente uno de los ámbitos más prometedores para el diseño y aplicación de Realidad Virtual, fundamentalmente por la capacidad de introducir al estudiante en entornos inmersivos multisensoriales (vista, tacto, oídos), en los que le es posible interactuar con un ambiente artificial que estimule el proceso de aprendizaje (Ocete, G. V., Carrillo, J. A. O., 2003). Por esta razón, proponemos una metodología que permita la creación de biomodelos 3D y ambientes virtuales, como una herramienta de aprendizaje sobre el tema de estructuras anatómicas.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo Específico

Desarrollar un escenario de realidad virtual para visualizar modelos 3D anatómicos como parte de un proceso de aprendizaje para estudiantes interesados en imágenes diagnósticas a través de la plataforma Unity y Gafas de realidad virtual.

#### 3.2 Objetivos Generales

- Elaborar modelos 3D a partir de imágenes médicas de ficheros DICOM.
- Seleccionar la información referente a la herramienta Unity y Oculus.
- Implementar las diferentes herramientas que ofrece Unity para el desarrollo de escenarios virtuales.
- Diseñar escenarios de realidad virtual reconociendo los elementos más importantes que permitan la mejor interacción entre los modelos 3D y el usuario.

#### 4. Estado del arte

El mundo de la enseñanza está evolucionando, las metodologías de la educación están girando en torno a la tecnología computacional, día a día el uso de software se ha vuelto común en las aulas (Anacona, J. D., Millán, E. E., 2019), el campo de la medicina se ha favorecido con la implementación de las realidades extendidas, es decir, las distintas tecnologías como: realidad virtual, aumentada y mixta, teniendo sus primeras apariciones en el siglo XX con el desarrollo de Resuci Ane modelo diseñado por Laerdel para el entrenamiento de resucitación cardiopulmonar dirigido a enfermeras (Nuñez Ricardo, F. J. 2017), emergiendo como una de las próximas revoluciones tecnológicas; cabe destacar que este avance se debe a los millones de dólares que mueve la industria de los videojuegos. Sin embargo, se ha adaptado como una herramienta alternativa de aprendizaje, simulación, entrenamiento, visualización, manipulación e interacción en diferentes escenarios probables de la vida real; aportando a la formación de los estudiantes y propiciando estrategias de estudio para que los educadores las enfoquen a las materias académicas (Díaz Ortiz, A. A. 2017).

Dentro de este contexto la educación presenta una novedosa vertiente la cual no solo implementa la realidad virtual sino hace uso de la aumentada generando un entorno híbrido como es el caso del proyecto “3D Cyber Anatomy Room”, un entorno de inmersión para experiencia 3D de disección y visualización de la anatomía humana: esqueleto, articulaciones, ligamentos, sistema muscular, sistema nervioso y cerebro, entre otros, que contribuye al proceso cognitivo de temas complejos, ofreciendo al usuario una experiencia integral y sensible (Altomari, A. G. P. 2017).

Según (Moreno, 2013 ) en su proyecto “Un Framework para la Rehabilitación Física en Miembros Superiores con Realidad Virtual” plantean el desarrollo de un videojuego que



contiene dos escenarios de realidad virtual, enfocados a proporcionar al paciente resistencia donde se pueda mejorar la fuerza muscular y coordinación que permita la correcta recuperación de una lesión; cabe destacar que los videojuegos tiene un papel fundamental en el nivel cognitivo y perceptivo del jugador (Moreno, F., Jordan, O., 2013, October).

De igual manera, según (Gutierrez, 2022) propone un simulador como una herramienta de apoyo psicológico para el tratamiento de fobias, con la creación de escenarios virtuales que asemejan entornos reales, donde el usuario final interactúa en espacios controlados por el psicólogo que es el encargado de minimizar el impacto y suministrar el tratamientos a las diferentes fobias (Jesús Gutiérrez-Sánchez, M., Franco-Árcega, A., 2022).

Erik Barreto, 2018, en su propuesta de trabajo “La Representación virtual del Cerebro” diseña una plataforma móvil multiplataforma para estudiantes de medicina y neuropsicología enfocada a identificar la estructura anatómica del cerebro con la finalidad de que los alumnos les resulte ameno y fácil de comprender las estructuras óseas que conforman el cerebro; el simulador consta de una interfaz donde el usuario arrastra las partes del cerebro y las ubica de forma correcta en un modelo suministrado por el simulador. Por otra parte la plataforma móvil gestiona guías y apoyos durante la simulación asegurando que exista acompañamiento durante el desarrollo de la práctica de modo que el aprendiz afiance sus conocimiento y culmine exitosamente la simulación (Barreto de Vera, E. A. 2018).

Espinoza Gutierrez H, 2019, desarrolla simuladores enfocados a procedimientos quirúrgicos donde se pretende llevar a cabo los diferentes tipo de suturas que debe realizar el personal médico a los pacientes con laceraciones en la piel. A través de la práctica fortalecen y complementan la formación académica los estudiantes, acercándolos a los diferentes casos

que pueden ocurrir en la vida real; la simulación del procedimiento quirúrgico les permite estimular la confianza y seguridad de la intervención que están realizando (Espinoza Gutierrez, H. 2019).

Según Redondo A, 2022 la línea de investigación de imagenología del proyecto de investigación “*sala de Hemodinámica aumentada con 3D*” (Proyecto HAMMOND) el cual realizó una experiencia clínica preliminar de integración de las gafas de realidad mixta HoloLens 2 (Microsoft, Estados) se desarrolló una aplicación mixta que consiste en una intervención cardíaca asistada en cateterismo para nueve pacientes tratados con implante percutáneo de válvula aórtica; los resultados del proyecto se sustentan en la generación de hologramas con la imagen del ecocardiograma en tiempo real, de esta forma, el operador, mediante la creación de pantallas virtuales de gran tamaño y dispuestas en una posición cómoda, puede visualizar simultáneamente sus manos y el soporte de imagen permitiendo un acceso arterial guiado hacia el interior del paciente por la ecografía visualizada en las gafas HoloLens (Redondo, A., Baldrón, C., 2022)

## **5. Marco teórico**

### **5.1 Realidad virtual y aumentada**

La realidad virtual (VR) y aumentada (RA) son tecnologías que están relacionadas pero albergan diferencias importantes, la principal diferencia entre ellas consiste en el grado de inmersión virtual que se propone en cada una de ellas al usuario (Gerke, B. A., Yamashita, A. L., 2019). La VR construye un ambiente totalmente inmersivo y artificial a través de imágenes, sonidos, etc, por su parte, en el caso de la RA, nuestro propio mundo se convierte en el soporte para colocar objetos e imágenes, cabe destacar que existe una combinación de ambas realidades denominada realidad mixta que toma lo mejor de la realidad virtual y aumentada para propiciar escenarios de objetos virtuales en el mundo real y construir una experiencia en la que lo físico y lo digital sean prácticamente indistinguibles (Iberdrola 2020).

#### **5.1.1 Realidad virtual .**

La realidad virtual se podría definir como un mundo completamente sintético generado por el ordenador que representa la realidad, el software implementado para las experiencias de realidad virtual es un motor de videojuegos, que tiene la capacidad de renderizar imágenes hiper realistas; en la realidad virtual se debe calcular dos fotogramas a la vez, uno para cada ojo; los fotogramas 2D es el proceso de renderizado para transformar la información de la escena tridimensional, junto con sus características (textura e iluminación); para la visualización de este entorno se cuenta con unas gafas que incluyen sensores inerciales y de posicionamiento para poder reaccionar a los movimientos que realiza el usuario, el contenido se adapta a las gafas, y por medio de la visión estereoscópica, el usuario percibe un espacio tridimensional, dinámico e interactivo (Innovae 2020).

### **5.1.2 Realidad aumentada.**

La realidad aumentada es aquel sistema que consiste en aumentar la percepción que el usuario tiene de la realidad real mediante la implementación de elementos virtuales en la misma, integrados tecnologías, la visión artificial y los motores gráficos; los motores gráficos son los encargados de renderizar el contenido en 3D de tal manera, que la ubicación de los contenidos aumentados sea la correcta en la escena, permitiendo una composición coherente y entendible por el usuario; el proceso de renderizado consiste en que el ordenador interprete una escena de tres dimensiones para crear una imagen bidimensional abstrayendo información geométrica del modelo 3D, características de superficie (color y material), la iluminación de la escena y la posición de la cámara. Las técnicas de visión artificial son muy variadas como: el tracking facial, el tracking de texturas y tracking SLAM o tracking 3D esta última es la más novedosa, ya que incorpora sensores activos basados en luz estructurada; para darle al usuario una experiencia agradable es necesario que tanto la visión artificial como la gráfica funcione al mismo tiempo, esto quiere decir que mientras el módulo de render pinta 60 imágenes por segundo, el módulo de tracking debe analizar y extraer la información de esas 60n imágenes por segundo (Innovae 2020).

## **2. 5.2 Plataformas para realizar realidad virtual.**

Las plataformas para realizar realidad virtual son motores gráficos; se define como motor gráfico al framework de software diseñado para crear y desarrollar videojuegos de consola, dispositivos móviles, ordenadores o dispositivos de realidad virtual. Todo motor gráfico ha de ofrecer un motor de renderizado (“render”) para gráficos en 2D y 3D, un motor que detecte la colisión de los objetos y la respuesta a dicha colisión a través de sonidos, música, animación, inteligencia artificial, comunicación con la red para juegos multijugador, posibilidad de ejecución

de hilos, gestión de memoria o soporte para localización. Entre los motores gráficos principales se encuentran (González Muñoz C., Gracia Bandrés, M.A., 2015) :

- CryEngine: CryEngine3 se ha convertido en una plataforma para desarrollo de juegos con herramientas para la creación de assets y gráficos de gran calidad en tiempo real. Los desarrollos son multiplataforma incluyendo Xbox One, Xbox 360, PlayStation 4, PlayStation 3, Wii U y PC
- Unreal Engine: Unreal es un motor de renderizado gráfico tanto para 2D como 3D; se ha centrado la empresa creadora de Unreal en hacerlo amigable para el usuario promedio de PC, cuenta con una programación gráfica mediante Blueprints y edición de materiales por nodos, similar a lo que nos podemos encontrar en aplicaciones como 3DStudio Max; su arquitectura abierta permite la modificación del motor para adaptarse a necesidades específicas de desarrolladores para optimizar su funcionamiento en distintas plataformas, esta plataforma requiere para su uso el pago de tarifa establecida (Martínez Martínez, S. 2021).
- Unity: Entorno de desarrollo de juegos multiplataforma, así como su runtime que permite desplegar los desarrollo a un gran número de plataformas incluyendo las móviles como Apple iOS, Google Android, Windows Phone, Blackberry 10, consolas (Microsoft Xbox 360, Xbox One, Sony PlayStation 3 y 4, Nintendo Wii y Wii U) de igual manera, entornos de escritorios (Microsoft Windows, Apple Macintosh y Linux) o incluso un Webplayer para el despliegue en los principales navegadores. El entorno de Unity permite la creación, manipulación, visualización de assets y entidades, visualización tanto en el escritorio como en el hardware destino (móvil, conectado al USB en modo depuración) y permite programación en JavaScript, C# o Boo para la creación de animaciones.

### 3. 5.3 Características de los ambientes virtuales enfocados a la enseñanza.

Los avances tecnológicos en realidad virtual adaptados a la enseñanza se proyectan a ser una herramienta alternativa para la adquisición de conocimiento, dicha herramienta propone aprender de manera dinámica empleando la facilidad de uso que generan los entornos o escenarios virtuales, este factor dinámico consta de dos elementos conceptuales: el diseño instruccional y el diseño de la interfaz, relevantes para acceder a la aplicabilidad de la realidad virtual en el proceso de aprendizaje (Corvetto, M., Bravo, M. P., 2013).

El desarrollo de ambientes virtuales de aprendizaje implica el diseño de interfaces que despliegan información en forma de imágenes, textos, sonidos, entre otros; la interfaz es fundamental para instrumentar la provisión de estímulos sensoriales y la mediación cognitiva; la provisión de estímulos tiene, al menos, dos dimensiones que deben considerarse en el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje: la dimensión atencional y la dimensión motivacional:

- La *dimensión atencional* hace referencia a la capacidad que tiene la interfaz para centrar la atención del aprendiz a través de cómo suministra la información e inhibe las interferencias del entorno que rodea al alumno.
- La *dimensión motivacional* se refiere a la potencialidad de la interfaz para estimular o mantener la motivación del estudiante hacia el aprendizaje.

Por otra parte, la mediación cognitiva es el acto donde transitan las ideas a través de estructuras mentales de los sujetos, en este caso, los estudiantes. Por último, el diseño instruccional presenta 3 fases: i) La fase de prescripción, en la que se definen anticipadamente los resultados que se esperan de proceso instruccional; ii) La fase de instrumentación, se refiere a las actividades y los medios que dan forma y materialización a la instrucción; iii) La fase de operación y evaluación, es

la puesta en marcha del proceso instruccional. Es importante destacar que la evaluación y operación se realiza simultáneamente durante todo el proceso, así como la retroalimentación con la finalidad de evaluar el aprendizaje y mejorar continuamente (Batista, M. H. 2006).

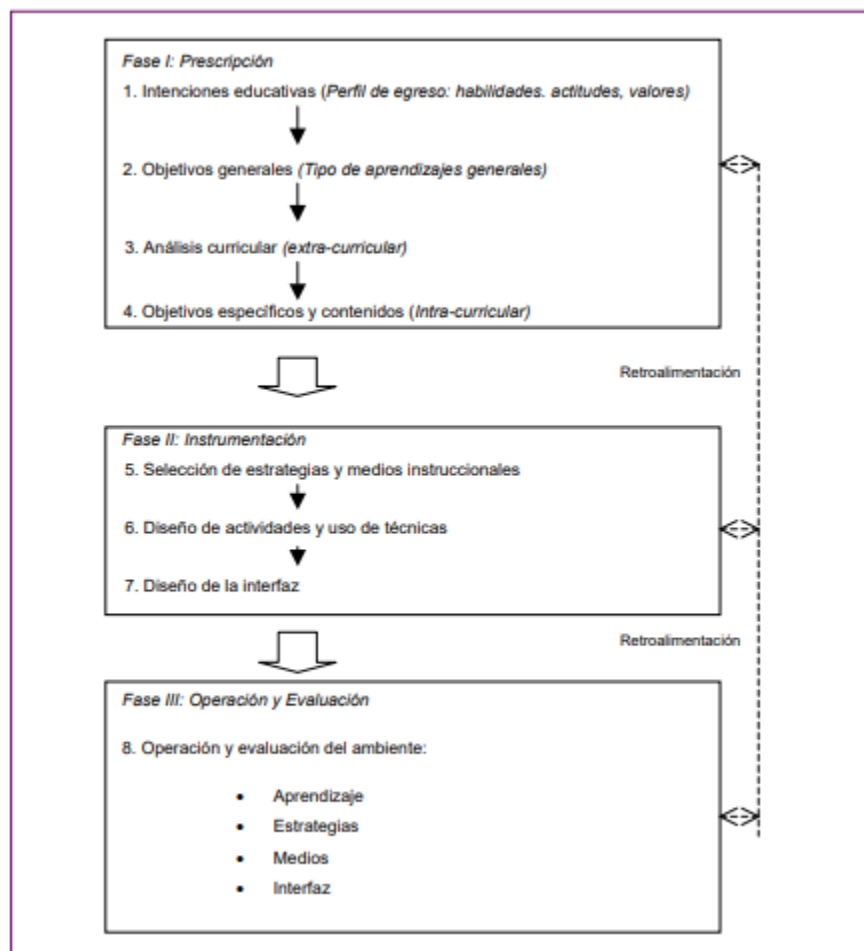


Figura 1 Fases del modelo instruccional. Fuente: Batista, M. H. (2006)

#### 4. 5.4 Herramientas para la visualización de ambientes virtuales (Gafas RV y Celulares).

Unas gafas de realidad virtual son la herramienta básica para la visualización de esta, existen diferentes tipos de gafas:

- Las conectadas a un ordenador de alto rendimiento común ( pueden ser la Oculus Rift o las HTC-Vibe).
- Las gafas que funcionan gracias a la pantalla de un dispositivo Smartphone (Como puede ser las Cardboard de Google o las Samsung Gear VR).

Las gafas que funcionan gracias a la pantalla de un dispositivo smartphone permiten la visualización basado en el principio del funcionamiento del estereoscopio, está formado por cuatro espejos (dos imágenes con dos lentes) colocados de tal manera que desvían las imágenes de cada ojo, que superpuestas crean una nueva imagen en relieve. Dichas imágenes se unen en el cerebro y crean una falsa sensación de profundidad tridimensional (Mouze Alandete, J. J. 2019).



Figura 2 Funcionamiento de las Google Cardboard. Fuente: Mouze Alandete, J. J. (2019)

En el caso de los móviles, deben disponer de Giroscopio, este elemento permite al teléfono inteligente determinar la posición y orientación, algo indispensable para el correcto funcionamiento de cualquier aplicación de realidad virtual.



## 5. 5.5 Reconstrucción 3D de los modelos anatómicos a partir de imágenes médicas.

La aplicación 3D Slicer desarrollada gracias al apoyo de Institutos Nacionales de Salud EEUU (National Institutes of Health), por una comunidad internacional de equipos profesionales que permite la visualización y computación de imágenes médicas, pero también una herramienta de investigación que proporciona funcionalidades avanzadas como la segmentación, navegación quirúrgica, intervención asistida por robots, el registro automático de imágenes o manipulación de datos volumétricos. Las capacidades de visualización de 3D Slicer admiten varias modalidades como imagen, como TC, PET, MRI y ultrasonido (Arribas Del Rosario, S. 2018).

Para realizar la reconstrucción 3D de modelos anatómicos para el estudio, implica un primer paso que es la adquisición de datos en imágenes médicas de ficheros DICOM. En este punto cabe resaltar que la calidad del modelo 3D está directamente relacionada con la calidad del conjunto de datos DICOM utilizado. El segundo paso consiste en segmentar cuidadosamente cada tejido de imágenes de origen con el fin de delimitar sus paredes respecto a las de los tejidos adyacentes y luego se reconstruye en un conjunto de datos 3D volumétrico en programas informáticos especiales como 3D Slicer, Invesalius entre otros (Ávila, J. S., Marco De Rossi, E., 2018).

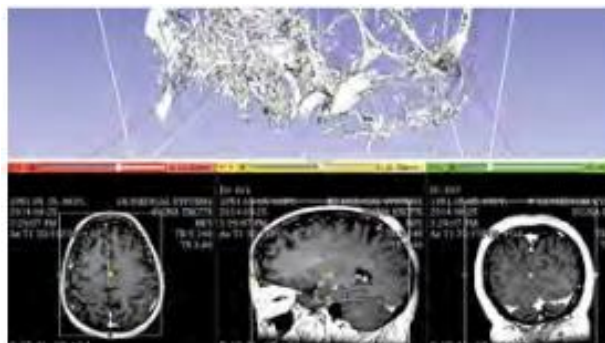


Figura 3 Interfaz 3D Slicer. Fuente: Ávila, J. S., Marco De Rossi, E., & Martínez, M. (2018)

## 6. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se aborda primero la herramienta 3D Slicer para obtener los modelos anatómicos en 3D desde los archivos DICOM, luego se hace uso de Blender para realizar el suavizado del modelo y la transformación a formato Fbx. Posteriormente configurar el escenario de Unity del proyecto donde se ubicaran todos los elementos que conforman la escena con la cual el usuario interactúa. Por último, se establece la conexión de las gafas de realidad virtual con el equipo.

### 6.1 3D Slicer

#### 6.1.1 *Generación del objeto 3D*

Se utilizó el software libre 3D Slicer de escritorio para visualización y análisis de conjuntos de datos informáticos de imágenes médicas realizando el proceso de reconstrucción de modelos anatómicos en 3D a partir de imágenes médicas de CT o MRI (Buzug, T. M. 2011).

#### 6.1.2 *DataSet de Imágenes médicas:*

Se utilizó la Visible Human Project CT Datasets ([https://mri.radiology.uiowa.edu/visible\\_human\\_datasets.html](https://mri.radiology.uiowa.edu/visible_human_datasets.html)) de la Universidad de Iowa. Este repositorio tiene imágenes en protocolo DICOM generadas con CT de hombres y mujeres de diferentes partes del cuerpo, particularmente se empleó la cabeza de un hombre para el procesamiento de las imágenes y posterior reconstrucción del modelo 3D de estructuras óseas; el Dataset de imágenes de la cabeza contiene 245 imágenes transversales o axiales de la cabeza, cada imagen con dimensiones de 512x512 píxeles.

### 6.1.3 Cargar datos DICOM a 3D Slicer:

El proceso de reconstrucción del modelo 3D inició cargando el dataset de imágenes médicas a 3D Slicer en la interfaz **WELCOME TO SLICER** de 3D Slicer, seleccionando **Load DICOM**

*Módulo Volume Rendering:* En la barra de herramientas se ubica el módulo **Volume Rendering**, despliega un escenario a la derecha, se visual **Data** para permitir navegar y buscar la ruta del archivo DICOM descomprimido, haciendo clic en el botón **Load** para finalizar el proceso, se mostrará la imagen médica en tres planos (sagital, axial y coronal), interfaz de tres vistas de las imágenes médicas cargadas previamente en los planos (sagital, axial y coronal) por otra parte, hay un espacio vacío donde deberá aparecer el modelo 3D, al lado izquierdo se encuentra el panel de control que permite mostrar y configurar las características del volumen siguiendo estos pasos:

1. Hacer clic con el botón derecho en el icono del ojo y elija “Mostrar en vistas 3D” para mostrar volumen.
2. Seguir los pasos para ajustar la configuración de representación de volumen:
  - Seleccionar **Display Roy**, ubica el objeto volumétrico en una caja que permite ajustar el cuadro de recorte y ubicar los ángulos posibles que tiene el modelo (frontal, arriba, abajo, detrás). Además, puede desplegar **Present** para elegir los diferentes estilos de rendering; la función **Shift** controla la intensidad de transparencia del modelo.

*Herramienta Segment Editor:* Se usa esta herramienta para segmentar el volumen anatómico de interés y eliminar las estructuras restantes, acorde a los siguientes pasos:

- Ir al módulo Segment Editor.
- Usar el efecto pintura o tijeras para especificar la región que se borrará.
- Usar el efecto de volumen máscara para llenar la región con valores “vacíos”.

- Ocultar la representación del volumen original y configuramos la representación de volumen para el volumen enmascarado.
- De ser necesario ajustar la región renderizada, volvemos al módulo Segment Editor.
- Para finalizar, aplicar y guardar los cambios realizados en el modelo 3D para luego ser exportado en archivo STL.

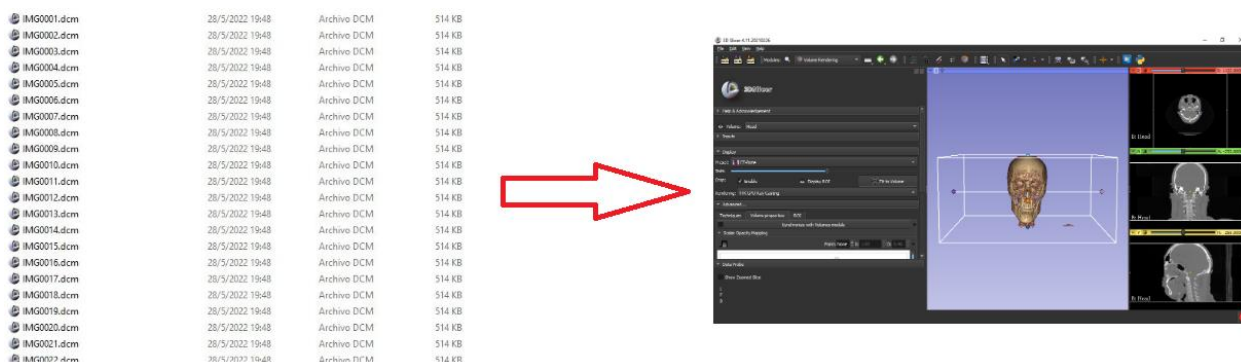


Figura 4 Datos de Interfaz toma izquierda y Interfaz Slicer derecha. Fuente: Propia

## 6.2 Blender

Blender es un programa informático y de multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales.

### 6.2.1 Transformación del archivo STL a FBX con herramienta Blender:

Teniendo un gráfico en tercera dimensión gracias al programa 3D slicer es necesario pasar este archivo de STL a FBX, esto con el fin de que nuestro programa Unity pueda reconocer este gráfico que se ha creado ya que no reconoce gráficos en STL. Para lo cual se siguen los pasos:

1. Abrir el programa blender e ir a la pestaña de archivos y desplegar el menú, en la ventana de importar, seleccionar STL, se abrirá la ventana y buscar nuestro gráfico, para importarlo al programa.

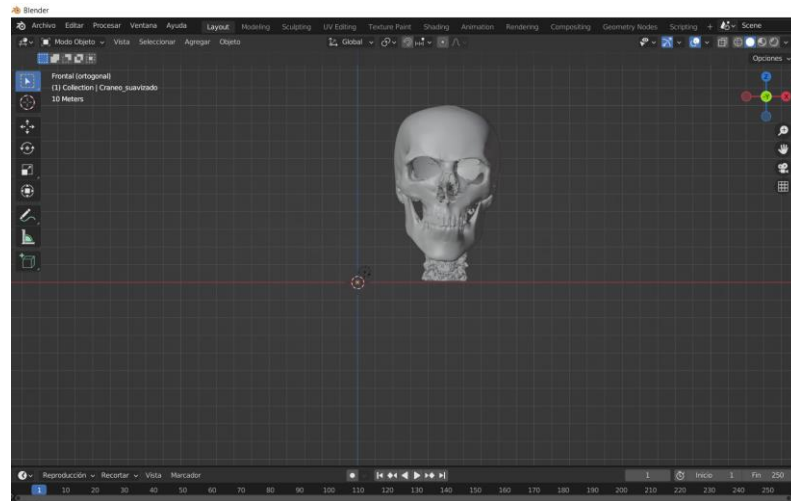


Figura 5 Así se observará nuestro gráfico en blender. Fuente: Propia

2. Ya con el gráfico importado, proceder a verlo de todas las formas posibles, blender también permitirá modificar e incluso mejorar este gráfico con sus herramientas.
3. Por último proceder a guardar el nuevo gráfico y luego pasarlo a unity.

## 6.4 Unity

Iniciar el proyecto se debe seleccionar e instalar los siguientes plugin de herramientas que ofrece el motor unity el XR Interaction Toolkit y el Open XR estos plugin permiten contar controles de movimiento, teletransportación para el jugador que va estar en la escena; por otra parte, es de vital importancia configurar los controles de la Oculus Quest 2 en la escena, para esto, dirigirse al ActionBasedController donde se identifica cada uno de los controles asignado respectivamente el

Left y Right de las manos del jugador dentro de la escena del proyecto. Hasta ahora se ha realizado la configuración de entorno del escenario con los controles para cada mano pero no hay presencia en el mundo virtual, el paso a seguir es agregar XR Rig el cual indica el espacio donde el jugador podrá caminar.

#### 6.4.1 Elementos escenario

Con las configuraciones ya establecidas se inicia a dar forma al escenario agregando los elementos dinámicos que conformarán la vista e interacción del usuario; para esto es necesario que los archivos estén en los formatos preestablecidos que recibe unity en este caso archivos Object y Fbx de esta manera, se podrá insertar objetos como mesas, armarios, sillas que permitirán darle al usuario un entorno realista del ambiente con el cual se podría enfrentar en un entorno de médico-clínico, cabe destacar que los modelos anatómicos también deben tener este formato, por ese motivo usar blender que nos permite el suavizado del modelo y la transformación de stl a Fbx.

#### 6.5 Conexión de Oculus Quest 2 al Ordenador

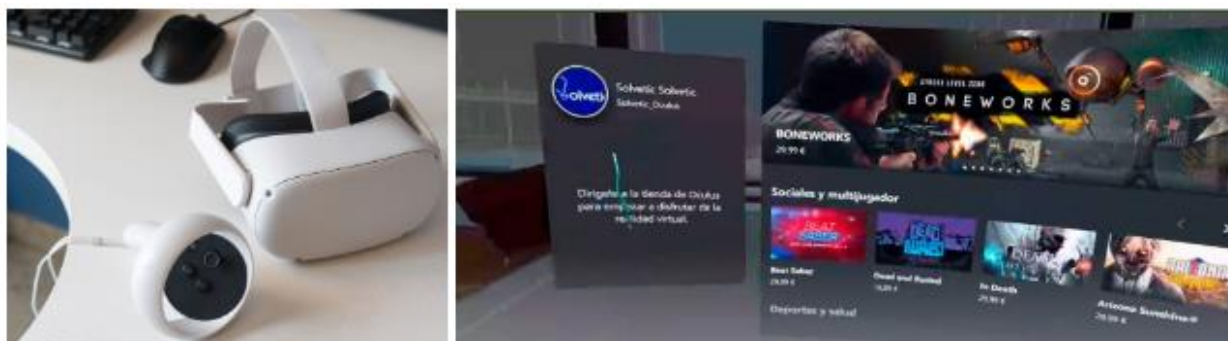


Figura 6 Gafas de realidad virtual Quest 2 a mano izquierda y Interfaz de Oculus. Fuente: Propia

Para empezar la conexión de Oculus Quest 2 con el ordenador es necesario contar con la aplicación de escritorio de Oculus Home y crear una cuenta para el inicio de sesión con Oculus.

La conexión con Oculus Quest 2 se obtiene de dos maneras: conexión inalámbrica o por cable, en ambos casos siempre se debe seleccionar el tipo de gafas que se tienen, en este caso Quest 2.

- Conexión inalámbrica: Primero seleccionamos **Air Link (Inalámbrico)**, se enviará un código de confirmación desde las Oculus Quest al ordenador lo único que se debe hacer es confirmar el código.
- Conexión por cable: Iniciar conectando el cable al puerto de las gafas y del ordenador, luego se escoge **Enlace (Cable)**, desde el visor de Oculus Quest 2 con los controles de estas mismas activar “Activar Oculus Link” pulsar Activar.

En ambos casos, la interfaz al escenario en que los debe dirigir una vez conectados es el mismo *figura 7*.



Figura 7 Interfaz de Oculus Home durante la conexión de las Gafas VR al PC, en un punto del proceso se debe seleccionar el tipo de conexión, inalámbrica o cable. Fuente: Propia

## 7. Resultados

El set de imágenes médicas, de la sección de caderas y fémur, es cargado a 3D Slicer para generar la reconstrucción 3D de huesos. La figura 8 muestra las vistas que genera 3D Slicer y el modelo 3D de las estructuras óseas.

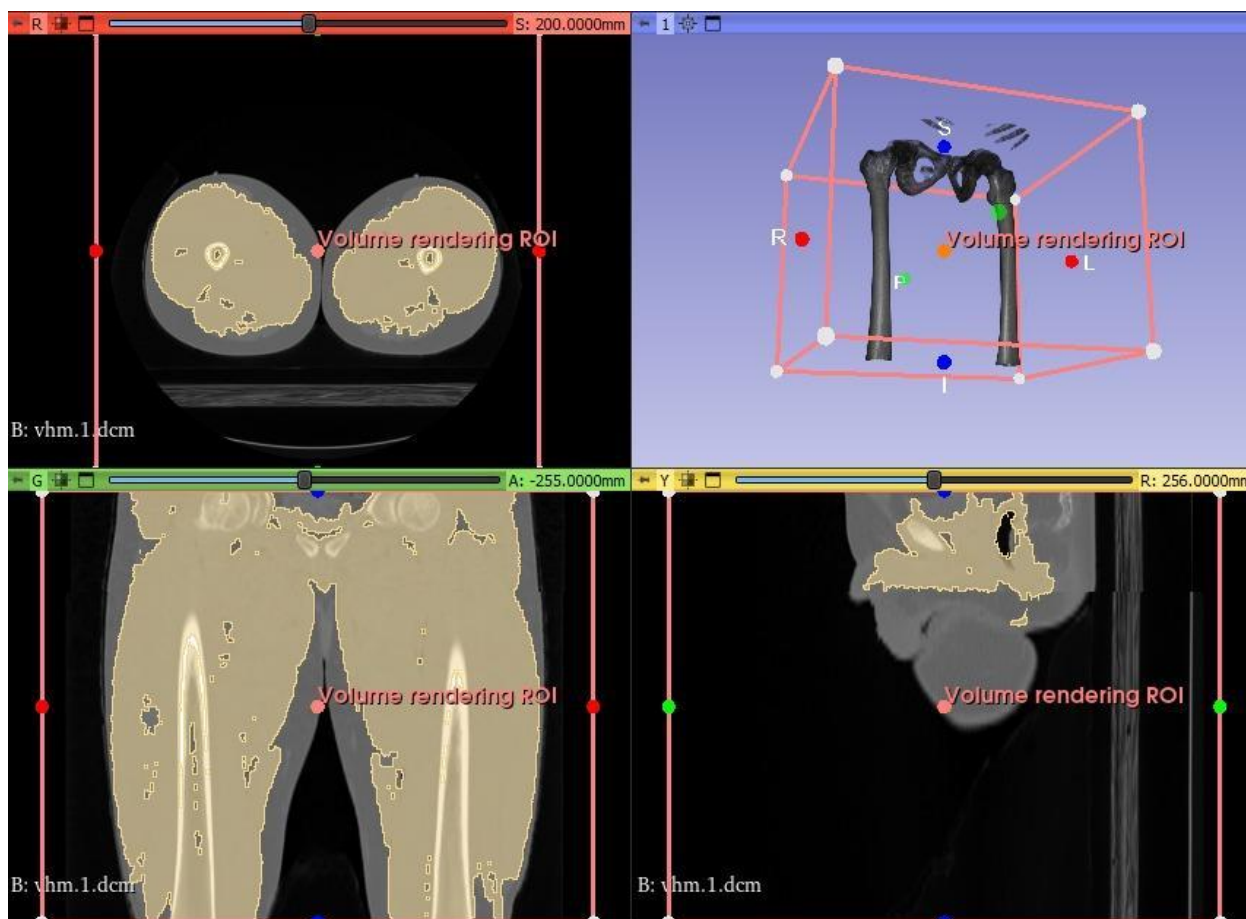


Figura 8 3D Slicer, convertir imágenes de diagnóstico en modelos 3D. Fuente: Propia

En la *figura 8* podemos ver en el cuadro R (superior izquierdo), G (inferior izquierdo) y Y (inferior derecho) con las radiografías y el cuadro 1 (superior derecho) vemos el modelo 3D de estas imágenes; ahora con el modelo anatómico 3D hacemos uso de Blender para corregir la superficie del modelo y transformarlo en formato Fbx. Por último, llevamos los modelos a la



escena para manipular e interactuar por medio de las gafas de realidad virtual podemos caminar, desplazarnos y observar el entorno de por dicha escena.

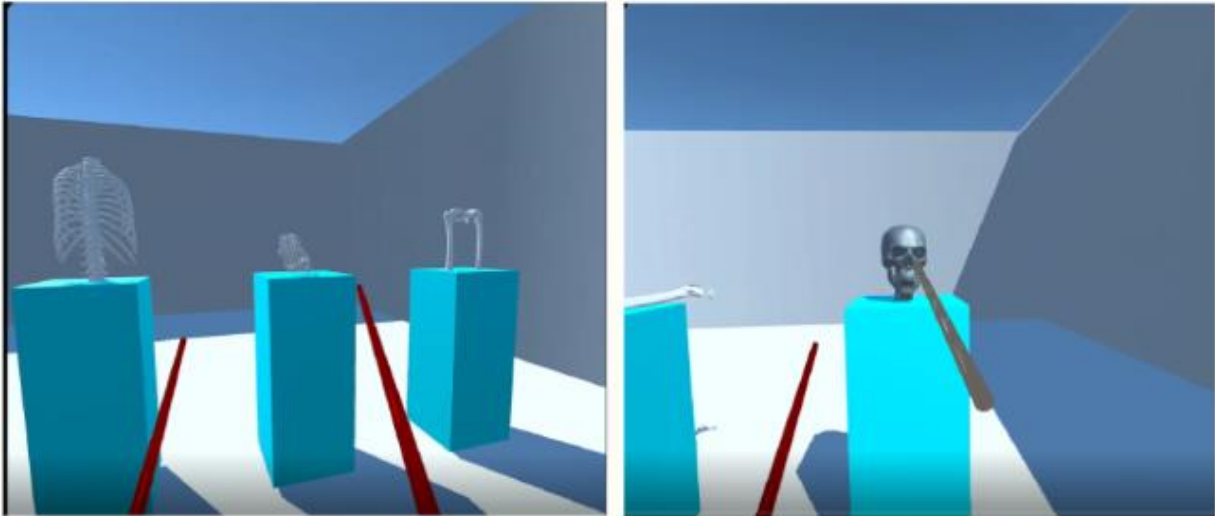


Figura 9 Escena de Unity. Fuente: Propia

En las *figuras 9 y 10* se visualiza los modelos anatómicos ya con propiedades para que el usuario interactúe con ellos.

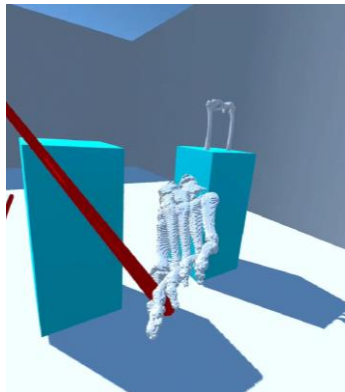


Figura 10 Manipulación de modelo anatómico en Unity. Fuente: Propia

## 8. Conclusiones

Se desarrolló un escenario de realidad virtual con modelos anatómicos como una herramienta alternativa para el aprendizaje de estudiantes interesados en imágenes diagnósticas a través de la plataforma Unity y Gafas de realidad virtual.

Esta herramienta propuesta pretende ser un recurso novedoso para los ambientes de aprendizaje beneficiando a estudiantes y profesores, puesto que pueden interactuar directamente con los modelos anatómicos para ver en detalle las partes anatómicas, acercando o alejando el objeto. El ambiente permite poner varios modelos 3D en escena, haciendo variada la experiencia del usuario, aportando más información anatómica de un cuerpo humano.

A futuro se desea incorporar otros elementos de interacción para que el usuario pueda tener retos de aprendizaje, de tal forma que el usuario pueda identificar su nivel de conocimiento dentro del escenario de Realidad Virtual.

## Referencias

Altomari, A. G. P. (2017). Realidad virtual y realidad aumentada en la educación, una instantánea nacional e internacional. *Economía creativa*, (7), 34-65.

Anaconda, J. D., Millán, E. E., & Gómez, C. A. (2019). Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza. *Entre ciencia e ingeniería*, 13(25), 59-67.

Arribas Del Rosario, S. (2018). *Herramienta para el tratamiento de imágenes médicas en VR mediante tecnología web* (Bachelor's thesis).

Ávila, J. S., Marco De Rossi, E., & Martínez, M. (2018). Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. *Revista Colombiana de Enfermería*, 17, 31-38.

Barreto de Vera, E. A. (2018). Representación virtual del cerebro humano.

Batista, M. H. (2006). Consideraciones para el diseño didáctico de ambientes virtuales de aprendizaje: una propuesta basada en las funciones cognitivas del aprendizaje. *Revista Iberoamericana de educación*, 38(5), 2.

Buzug, T. M. (2011). Computed tomography. In *Springer handbook of medical technology* (pp. 311-342). Springer, Berlin, Heidelberg.

Castillo, H. M., & Alfaro, M. O. (2011). Desarrollo de un sistema de visualización y reconstrucción 3D de modelos anatómicos a partir de imágenes médicas. In *MEMORIAS DEL XVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (pp. 171-180).

Corvetto, M., Bravo, M. P., Montaña, R., Utili, F., Escudero, E., Boza, C., ... & Dagnino, J. (2013). Simulación en educación médica: una sinopsis. *Revista médica de Chile*, 141(1), 70-79.

de Jesús Gutiérrez-Sánchez, M., Franco-Árcega, A., Suárez-Navarrete, A., Sánchez-Espinoza, J., & Torres-Samperio, G. A. (2022). Realidad virtual como herramienta de apoyo al tratamiento de la aracnofobia. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(Especial3), 141-146.

Díaz Ortiz, A. A. (2017). *Diseño de una metodología para la implementación de un sistema de realidad virtual a bajo costo* (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).

Espinoza Gutierrez, H. (2019). Sistema de simulación de realidad virtual para iniciar tempranamente en los procedimientos quirúrgicos en la carrera de Medicina Humana en la Clínica Avansalud en el 2019.

Gavidia, G., Soudah, E., Martín-Landrove, M., & Cerrolaza, M. (2011). Generación de modelos discretos de tejidos del ser humano a través del preprocesamiento y segmentación de imágenes médicas. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 27(3), 200-226.

Gerke, B. A., Yamashita, A. L., Sigua-Rodriguez, E. A., Olate, S., Iwaki, L. C. V., & Iwaki-Filho, L. (2019). Análisis Descriptivo y Cualitativo de Tres Software Gratuitos Usados para la Conversión de Formato DICOM para STL. *International journal of odontostomatology*, 13(1), 103-111.

González Muñoz C., Gracia Bandrés, M.A., Sanagustín Grasa, L., Romero San Martín, D. – (2015) TecsMedia: Análisis Motores gráficos y su aplicación en la industria

Iberdrola (2020). Realidad virtual: Otro mundo al alcance de tus ojos. Recuperado de [https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual#:~:text=La%20Realidad%20Virtual%20\(RV\)%20es,o%20casco%20de%20Realidad%20Virtual.](https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual#:~:text=La%20Realidad%20Virtual%20(RV)%20es,o%20casco%20de%20Realidad%20Virtual.)

Innovae (2020). Realidad aumentada. Recuperado de <https://www.innovae.eu/la-realidad-aumentada/>

Innovae (2020). Realidad Virtual. Recuperado de <https://www.innovae.eu/la-tecnologia-de-realidad-virtual/>

Martínez Martínez, S. (2021). Motores gráficos en tiempo real aplicados a la arquitectura.

Moreno, F., Jordan, O., Esmitt, R. J., Christiam, M., Omaira, R., Jeanlight, R., & Silvio, Á. (2013, October). Un framework para la rehabilitación física en miembros superiores con realidad virtual. In *Primera conferencia nacional de computacion, informatica y sistemas. universidad central de venezuela*

Mouze Alandete, J. J. (2019). La realidad virtual como herramienta de visualización arquitectónica: El caso de ‘La Ciudad Ideal de Urbino’.

Núñez Ricardo, F. J. (2017). Uso de los simuladores de realidad virtual en la enseñanza de ciencias básicas en pregrado de medicina.

Ocete, G. V., Carrillo, J. A. O., & González, M. Á. B. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Etic@ net: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, (2), 12.

Pereira Barzaga, O. (2012). *Reconstrucción Tridimensional de Modelos Anatómicos a partir de Imágenes Médicas Digitales* (Master's thesis).

Pianykh, O. S. (2012). Medical images in DICOM. In *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)* (pp. 81-114). Springer, Berlin, Heidelberg.

Redondo, A., Baldrón, C., Aguiar, J. M., Juanatey, J. R. G., San Román, A., & Amat-Santos, I. J. Aplicaciones de las realidades extendidas en cardiología intervencionista: la realidad mixta aplicada al procedimiento TAVI.

Semana (2020). Colombianos se midieron a crear soluciones de realidad virtual y son un éxito. Recuperado de <https://www.semana.com/emprendimiento/articulo/emprendimientos-colombianos-con-soluciones-de-realidad-virtual-y-aumentada/291802/>

Torres, J. C., Cano, P., Melero, J., España, M., & Moreno, J. (2010). Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio. *Virtual Archaeology Review*, 1(1), 51-54.

Vázquez-Mata, G. (2008). Realidad virtual y simulación en el entrenamiento de los estudiantes de medicina. *Educación Médica*, 11, 29-31.