

**ENTORNO DE SIMULACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL DE MANEJO DE EQUIPOS
BÁSICOS DE DIAGNÓSTICO EN FONDO DE OJO PARA LA ENSEÑANZA EN
OFTALMOLOGÍA**

Presentado por:

LESLY JULIETH PERLAZA BUITRAGO

U00104965

Director

ING. EDWING RAMÓN AYALA ESTUPIÑÁN

Codirector

ING. LUSVIN JAVIER AMADO FORERO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Bucaramanga

2021

AGRADECIMIENTOS

El primer y más profundo agradecimiento a mi mamá y a mi hermana; a toda mi familia, en general. Gracias por ver en mí lo que yo muchas veces no veo, amarme como soy y exigir lo mejor de mí siempre.

Agradezco a los ingenieros Edwing Ramón Ayala Estupiñán y Lusvin Javier Amado Forero, por el acompañamiento y dirección durante el desarrollo de este proyecto. Al Md. Oft. Carlos Julián Rodríguez Viviescas y a la Md. Oft. María Margarita Parra, por su interés, colaboración y su aporte constructivo, sin el cual terminar hubiese sido imposible. Al Ing. Alejandro Arboleda, por su gestión y compañía estos años, y por hacerme sentir parte de algo importante siempre.

A Ana María Muñoz Tejada, mi futura colega y amiga, por su gran colaboración en este proyecto como asistente de desarrollo y como apoyo emocional.

A mis futuros colegas y amigos desde el inicio de la carrera, Luis y Francy, por su compañía, sabiduría, paciencia y amistad en estos años. A mis cauchos, por ser mi apoyo más grande e incondicional desde siempre. Los conservaré en mí toda la vida. A Dani, mi compinche en la distancia, a sus padres y a Ra, por su danza y su amistad.

Gracias por tanto y perdón por tan poco.

Finalmente, agradezco a Taylor Swift, porque este proyecto simplemente no sería sin Taylor Swift.

RESUMEN

El documento describe el proceso de desarrollo de una herramienta de realidad virtual que permita la interacción con equipos médicos especializados en el diagnóstico de enfermedades de fondo de ojo. La problemática sanitaria actual y la ausencia de simuladores médicos enfocados en el manejo de equipos de diagnóstico ha limitado al estudiante las experiencias prácticas más significativas para su proceso de aprendizaje y ha generado que las técnicas de diagnóstico en oftalmología se consideren difíciles de aprender y perfeccionar entre los estudiantes. A partir del diseño enfocado en la inmersión e interacción con el espacio, la revisión de literatura y la selección de contenidos a partir de las necesidades de la especialización en oftalmología de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y sus estudiantes, se construye un entorno virtual en Unity para Oculus Rift que permite la exploración de un consultorio de oftalmología y la interacción con objetos, modelos anatómicos realistas e imágenes diagnósticas reales. Los equipos médicos seleccionados son modelos en 3D que, por medio del escaneo 3D diversos softwares de modelado, fueron adecuados a las necesidades de la plataforma. A partir de la opinión de un docente experto en el área de diagnóstico de enfermedades de fondo de ojo, se considera que las características dentro del entorno permiten afirmar que en él se encuentran elementos que permiten la unificación de las teorías de aprendizaje contemporáneas y las dinámicas propuestas por los modelos de aprendizaje aplicados en medicina hace décadas, lo que implica que los entorno de realidad virtual, en cuestiones de pedagogía y enseñanza, en especial en la situación actual, representan una revolución en cómo es el proceso de enseñanza y es evidencia de un mercado competitivo en simulación enfocada en educación.

ABSTRACT

The paper describes the process of developing a virtual reality tool that allows interaction with medical teams specialized in diagnosing background diseases. The current health problems and the lack of medical simulators focused on the handling of diagnostic equipment have limited students' access to the most significant practical experiences for their learning process and have led to the fact that diagnostic techniques in ophthalmology are often considered difficult to learn and improve among students. From the design – focused on immersion and interaction with space –, the literature review and the selection of contents based on the needs of the ophthalmology specialization of the Autonomous University of Bucaramanga and its students, a virtual environment in Unity for Oculus Rift is built that allows the exploration of an ophthalmology practice and interaction with objects, models realistic anatomical images and real diagnostic images. The medical equipment selected are 3D models that, by means of 3D scanning various modeling software, were adapted to the needs of the platform. Based on the opinion of an expert teacher in the area of diagnosing diseases of the background of the eye, it is considered that the characteristics within the environment allow us to affirm that there are elements that allow the unification of contemporary learning theories and the dynamics proposed by the learning models applied in medicine decades ago. especially in the current situation, they represent a revolution in how the teaching process is and evidence of a competitive market in simulation focused on education.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
CAPÍTULO I	11
1. Planteamiento inicial	11
1.1. Problema u Oportunidad.	11
1.2. Justificación.	12
1.3. Objetivos.	14
1.3.1. Objetivo general.	14
1.3.2. Objetivos específicos.	14
CAPÍTULO II	16
2. Marco teórico	16
3. Estado del arte	23
3.1.1. Contexto Internacional.	23
3.1.2. Contexto Nacional.	26
CAPÍTULO III	28
4. Metodología	28
4.1. Etapa 1.	28
4.1.1. Revisión de la literatura.	28
4.1.2. Selección de contenido.	28
4.1.3. Esquema de desarrollo.	29
4.1.3.1. Ítem 1: exploración.	30
4.1.4. Ítem 2: capacitación.	31
a. Movimiento.	31
4.1.5. Ítem 3: visualización.	31
4.2. Etapa 2	32
4.2.1. Modelado y construcción de objetos 3D	32
4.2.1.1. Escaneo 3D	33
4.2.1.2. Corrección geométrica	33
4.2.1.3. Texturizado y aplicación de efectos visuales	34
4.2.1.4. Importación hacia Unity	34
4.2.2. Construcción y desarrollo de entorno virtual 3D	35
4.2.2.1. Configuración del dispositivo VR	35
4.2.2.2. Desarrollo del consultorio	35
4.2.2.3. Inclusión de modelos 3D	36

4.2.2.3.1. Contenido pedagógico	36
4.2.2.4. Scripting	36
4.2.3. Construcción de aplicación ejecutable	37
4.2.4. Creación de manuales de usuario de entorno virtual	38
4.3. Etapa 3	38
4.3.1. Diseño de experimentos	38
4.3.1.1. Marco legal y código de ética	39
4.3.2. Evaluación del entorno virtual	39
CAPÍTULO IV	40
5. Resultados	40
5.1. Etapa 1.	40
5.1.1. Contenidos de planes de estudio	40
5.1.2. Selección de equipos	43
5.1.3. Objetos 3D a modelar	44
5.1.4. Contenido pedagógico	46
5.2. Etapa 2	46
5.2.1. Modelado y construcción de objetos 3D	46
5.2.2. Construcción y desarrollo de entorno virtual 3D	47
5.2.2.1. Ítem 1: exploración	47
5.2.2.2. Ítem 2: capacitación	50
5.2.2.3. Ítem 3: visualización	52
5.2.3. Construcción de aplicación ejecutable	54
5.2.4. Creación de manuales de usuario de entorno virtual	54
5.3. Etapa 3	54
6. Análisis de resultados	56
CAPÍTULO V	59
7. Conclusiones y recomendaciones	59
REFERENCIAS	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de horas de estudio en programas de Especialización en Oftalmología. ..	41
Tabla 2. Distribución de horas de estudio por año en Especialización en Oftalmología de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (Unab).	41
Tabla 3. Distribución de horas de estudio por año en Especialización en Oftalmología de la Universidad Industrial de Santander (UIS).	41
Tabla 4. Tabla de Puntajes de Clasificación de Equipos de diagnóstico en Oftalmología a partir de los ejes propuestos - Encuesta Selección de equipos.	44
Tabla 5. Inventario de equipos en consultorio de oftalmología FOSCAL internacional.....	45
Tabla 6. Inventario de los objetos implementados en la construcción del modelo de consultorio.	48
Tabla 7. Resultados de evaluación mensual de los ítems de diseño de entorno virtual.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de esquema de desarrollo de entorno virtual.	30
Figura 2. Diagrama de contenidos de la Etapa 1.	32
Figura 3. EinScan—SP. (Shining, 2021).	33
Figura 4. Oculus Rift. (Oculus, 2021).....	35
Figura 5. Diagrama de desarrollo de la etapa 2.	37
Figura 6. Diagrama de desarrollo del diseño de experimentos.	38
Figura 7. Espacios de entrenamiento en técnicas quirúrgicas Wet Labs — Clínica FOSCAL.	40
Figura 8. Distribución poblacional (programa académico) de los encuestados post filtrado.	43
Figura 9. Consultorio de Oftalmología FOSCAL Internacional.	45
Figura 10. Texturización en el Software Substance painter del A) oftalmoscopio directo. B) oftalmoscopio indirecto.	46
Figura 11. Modelo prefabricado de A), B) lámpara de hendidura, C) Ojo humano.....	47
Figura 12. Planos de infraestructura de consultorio. a) Dimensiones. b) Grosor de las paredes..	48
Figura 13. Infraestructura de consultorio de oftalmología.....	49
Figura 14. Vista superior del modelo 3D de consultorio de oftalmología.....	50
Figura 15. Equipos médicos interactivos en el entorno virtual.....	51
Figura 16. a) OVR Controller y cuerpo de usuario dentro del entorno virtual b) vista en primera persona dentro del entorno virtual.	52
Figura 17. Desarrollo de Escena 3. a) Fotografías de fondo de Ojo. b) Texturas panorámicas e inclusión de archivos de audio y texto.	54

LISTA DE APÉNDICES

<u>APÉNDICE I</u>	69
<u>APÉNDICE II</u>	71
<u>A2.1. Formato de selección de equipos y metodologías.</u>	71
<u>APÉNDICE III</u>	72
<u>A3.1. EinScan-SP</u>	72
<u>A3.2. Oculus Rift</u>	73
<u>APÉNDICE IV</u>	74
<u>A4.1 Política de Copyright de Unity *idioma original*</u>	74
<u>A4.2. Políticas de Free License de CGTrader *idioma original*</u>	74
<u>APÉNDICE V</u>	75
<u>APÉNDICE VI</u>	76
<u>APÉNDICE VII</u>	77
<u>APÉNDICE VIII</u>	79

INTRODUCCIÓN

Las estrategias pedagógicas en el área de la salud han sido desafiadas en el tiempo por el desarrollo tecnológico durante siglos, siempre enfocándose en conseguir nuevas y mejores maneras de transmitir el conocimiento a partir de la práctica vigilada y el estudio autónomo, pilares claves para el módulo teórico de la práctica de la medicina. Actualmente, con la situación actual del mundo, estas estrategias pedagógicas son desafiadas nuevamente por la carente disponibilidad de espacios físicos seguros, por lo que las actividades estudiantiles han sido realizadas en remoto, implementando herramientas tecnológicas que permiten los espacios virtuales, requiriendo de las instituciones educativas y de los estudiantes un mayor compromiso con la autonomía del estudio, encontrando maneras de sopesar las horas prácticas con estrategias pedagógicas igual o más efectivas que las prácticas tradicionales. Las técnicas de diagnóstico, siendo unas de las más claves en el proceso de aprendizaje en medicina y en oftalmología, son aprendidas implementando equipos médicos, que cuentan con un límite en la disponibilidad y, debido al desarrollo constante de estas tecnologías, se consideran obsoletas en un corto tiempo. Al no encontrar en el mercado soluciones en la práctica del diagnóstico relacionadas con simulación, estas prácticas han sido poco exploradas en la era del estudio remoto. El objetivo del trabajo de grado desarrollado y explicado en totalidad en este documento es desarrollar un entorno de realidad virtual para la formación en uso de equipos básicos de diagnóstico de fondo de ojo en estudiantes de especialización en oftalmología, brindando así una solución a la problemática actual.

CAPÍTULO I

En este capítulo se discuten las bases de investigación para el desarrollo del proyecto “entorno de simulación en realidad virtual de manejo de equipos básicos de diagnóstico en fondo de ojo para la enseñanza en oftalmología”: a partir de la identificación de la problemática a solventar, se realiza una descripción de sus características, antecedentes y un análisis sobre el impacto que tiene en el grupo demográfico en el que se presenta. Posteriormente, se plantea una pregunta problematizadora, a través de la cual se descubre el objetivo principal y los objetivos específicos que permitirán comprobar si la iniciativa que se plantea en este documento será útil como solución a la problemática inicial.

1. Planteamiento inicial

1.1. Problema u Oportunidad.

El proceso de enseñanza de la oftalmología ha sido objeto de debate durante los últimos años por no contar con recursos que permitan el desarrollo integral del estudiante en la práctica clínica sin requerir la presencia física de un paciente (Alfawaz, 2019). Hasta hace unos años, los simuladores de cirugía no habían sido desarrollados para el área oftalmológica, a pesar de contar con procedimientos que requieren extrema precisión y desarrollo de técnica a través de la práctica. Sin embargo, a pesar del despegue exponencial que ha tenido el mercado para la simulación médica en la última década (Dawe et al., 2014), actualmente no existen simuladores cuyo objetivo sea la enseñanza del manejo de equipos de diagnóstico, por lo que estas técnicas son aprendidas, usualmente, implementando equipos de uso propio del especialista o financiados por la institución educativa, que cuentan con un límite en la disponibilidad y, debido al desarrollo constante de estas tecnologías, se consideran obsoletas en un corto tiempo. Estos equipos, adicionalmente, se exponen constantemente a riesgos por caídas o un uso incorrecto, deben ser sometidos a mantenimientos y calibraciones anuales, que generan un alto costo; todos estos factores generan

que los equipos, en un promedio de 4 años después de su adquisición, se consideren obsoletos debido a su antigüedad o estado físico (Khalifa et al., 2006) y deban retirarse (Basilaia et al., 2020). Tradicionalmente, las técnicas de diagnóstico y visualización en oftalmología son enseñadas por un instructor, quien guía al estudiante en el uso del equipo, sin tener la capacidad de ver realmente lo que el estudiante ve, o viceversa. Esto ha limitado la habilidad del instructor de generar una retroalimentación sobre el procedimiento realizado por el estudiante, y ha generado que las técnicas de oftalmología se consideren difíciles de aprender y perfeccionar entre los estudiantes, lo que ha afectado significativamente la curva de aprendizaje del estudiante en el área (Pusic et al., 2015). Estas curvas son la representación gráfica de la relación entre el esfuerzo y el progreso en el aprendizaje, y a pesar de ser un tema comúnmente abordado en la teoría de la educación y diversas metodologías, no es aplicada frecuentemente en el ámbito práctico (Howard et al, 2020). A partir de lo planteado, nace la pregunta que da pie a este estudio: ¿Cómo, a partir de la tecnología actual y las técnicas pedagógicas contemporáneas, desarrollar un entorno de simulación de manejo de equipos básicos de diagnóstico en fondo de ojo que impacte en el conocimiento adquirido por el estudiante durante su práctica de laboratorio?

1.2. Limitaciones.

Con la problemática mundial impuesta por el SARS COV—2 y la necesidad de cambiar la manera en la que vivimos, se han impuesto nuevos retos para la educación en la medicina, especialmente al abordar temáticas que contienen tan prácticas como el manejo de equipos, las buenas prácticas con los mismos y el desarrollo correcto del diagnóstico clínico. Esto ha limitado el acceso que tienen los estudiantes y maestros a las instalaciones de las instituciones a las que están inscritos, por lo que interfiere con el proceso de aprendizaje de estas temáticas de manera significativa.

(Chick et al, 2020). Para solventar esta problemática, se han desarrollado nuevos modelos de aprendizaje enfocados en los medios digitales y las tecnologías accesibles al estudiante promedio (Augestad et al., 2020); ejemplos de estos modelos son las metodologías de clases virtuales, los espacios educativos online (Basilaia et al., 2020) y los espacios de realidad mixta (Hills et al., 2020), los cuales son respaldados por herramientas digitales educativas y a la vanguardia en pedagogía a distancia (Hoernke et al., 2020). Sin embargo, esta problemática comprende a su vez múltiples limitaciones en el desarrollo de estudios científicos, específicamente los relacionados con el desarrollo de actividades y estrategias educativas que deban ser evaluadas considerando como variable la respuesta a la implementación de una herramienta tecnológica por parte de un estudiante, docente y cualquier tipo de población en general.

1.3. Justificación.

Se estima que el conocimiento médico y las técnicas implementadas cambian y se actualizan cada 6 u 8 años, mientras que las técnicas de enseñanza no han cambiado en más de 100 años en muchas áreas de especialización. Esto, además de la evolución constante de las tecnologías en función del especialista médico para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades muestra una clara necesidad de actualización en los modelos de enseñanza en medicina (Pusic et. Al, 2015; Alfawaz, 2019).

El modelo Halstediano en formación quirúrgica es el modelo estándar adoptado en la enseñanza en medicina desde principios del siglo XX. Este implementa la práctica con pacientes durante el entrenamiento médico, y propone que la manera de evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante es determinar la capacidad que tiene de ver un procedimiento, repetirlo en múltiples ocasiones y, posteriormente, enseñar a otros cómo se realiza satisfactoriamente. Es decir, refiere la repetición de procesos como factor clave en la curva de aprendizaje. Sin embargo, actualmente,

se estudian otros factores que inciden en la curva de aprendizaje, como lo es la implementación de estrategias de aprendizaje mediadas por la tecnología dentro y fuera de las aulas de clase, para así impulsar al estudiante a desarrollar de manera autónoma sus habilidades. (Polavarapu, H. et. al, 2013).

Los simuladores de realidad virtual tienen el potencial de generar el espacio donde el instructor pueda llevar en tiempo real una evaluación sobre el desarrollo de un procedimiento y brindar una retroalimentación basada en evidencias, mientras que el estudiante puede practicar con equipos cuyas funcionalidades pueden ser de última tecnología, visualizando todo tipo de anomalías y contando con el apoyo del instructor en todo el proceso (Thomsen et. al, 2015).

Bajo estos pensamientos, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo – a partir de la implementación de la tecnología en realidad virtual actual y las tendencias en técnicas pedagógicas contemporáneas en medicina –, desarrollar un entorno de simulación de manejo de equipos básicos de diagnóstico de fondo de ojo que impacte en el conocimiento adquirido por el estudiante durante su práctica de laboratorio?

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- Desarrollar un entorno de realidad virtual para la formación en uso de equipos básicos de diagnóstico de fondo de ojo en estudiantes de especialización en oftalmología.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Establecer los equipos, las metodologías de aprendizaje a incluir en el entorno y las herramientas necesarias para su desarrollo por medio de una revisión de las temáticas incluidas en el plan de estudios y las necesidades actuales del área de la oftalmología.

- Construir un entorno de realidad virtual para la enseñanza de manejo de equipos básicos de diagnóstico en oftalmología a través de la plataforma de desarrollo Unity.
- Evaluar el entorno a través de validaciones con usuarios, con el fin de evaluar la incidencia del entorno en la curva de aprendizaje.

La investigación en esta tesis de grado toma un alto grado de relevancia en consecuencia del impacto que tiene la crisis sanitaria por los efectos de la transmisión del virus Covid-19 en el último año, por cuanto explora las posibilidades que la Realidad Virtual (VR) ofrece en el ámbito educativo en un tiempo en el que los espacios presenciales representan un riesgo para los estudiantes y maestros, además de las instituciones educativas y la sociedad en general. Además, pretende forjar el camino para futuros estudiantes de ingeniería biomédica interesados en el desarrollo de espacios creativos, en donde la ausencia o limitaciones que los recursos físicos presentan no sean un impedimento para la educación de calidad.

CAPÍTULO II

En este capítulo se condensa el componente teórico de consideraciones relevantes al desarrollo del proyecto de investigación. En él, se definen términos clave, se explica el funcionamiento, alcance y objetivo de las tecnologías y técnicas a aplicar durante el desarrollo del proyecto y se reconoce el alcance del marco legal aplicable a cualquier parte del desarrollo del proyecto. Así mismo, se explora el estado del arte en el tema de desarrollo principal de los últimos 5 años.

2. Marco teórico

La realidad virtual es la rama del desarrollo de la tecnología que implementa recursos informáticos para crear y mantener un entorno virtual que proyecte la presencia física de un usuario en ese entorno, permitiendo así la interacción (Dalgarno et al., 2010). Un entorno en realidad virtual (VR por sus siglas en inglés, Virtual Reality) es un espacio tridimensional, construido de manera digital, que contiene todos los elementos y las condiciones que permiten a uno o más individuos desarrollarse en sí mismo. Estos elementos y condiciones rodean, influyen y afectan el desarrollo de los eventos que ocurren dentro del entorno (DECS, 2017). Es considerada una herramienta en la educación, debido a que permite la interacción en un entorno simulado, controlable, en el cual el posible realizar múltiples actividades con los mismos recursos, brindando al estudiante la oportunidad de experimentar sucesos que, de no estar esta tecnología disponible, no sería posible percibir (Dalgarno, Lee, 2010 & Pederson, Irby, 2014).

En una experiencia virtual, los consumidores interactúan con objetos virtuales, se sumergen en el entorno virtual e interactúan socialmente ya sea con un avatar o con una persona "real". Estos tres elementos (cosas, espacios y personas) definen la experiencia del usuario dentro del entorno virtual, y cada uno de ellos depende de un factor, respectivamente, para funcionar o no dentro del

mismo: la inmersión, la interacción usuario-entorno y las interacciones sociales entre participantes (Hudson et. al, 2019 & Kaplan et. al, 2020).

La inmersión implica la participación física mental dentro de un entorno o un personaje que permite alejarse de la experiencia cotidiana o desempeñar un papel diferente. Existen muchos factores – todos estos, completamente subjetivos – que favorecen la inmersión: el realismo, la interactividad del entorno virtual, la facilidad de uso de la tecnología, la identificación o vínculo del usuario con el entorno y el nivel de satisfacción que el entorno permite (Sutcliffe et. al, 2016 & Evenddy et. al, 2021).

El nivel de interacción de un usuario con un entorno virtual 3D, en los que los usuarios cuentan con funciones interactivas, como deslizadores, control de zoom, audio, texto, objetos móviles y funciones emergentes, tienen un efecto similar al contacto físico con el objeto "real" sobre la experiencia del usuario y la familiarización que tiene este con los objetos y el espacio que permite recrear el entorno (Hudson et. Al, 2019 & Sutcliffe et. al, 2016).

Las experiencias virtuales son complementos muy valiosos en el proceso de aprendizaje, ya que permite al estudiante visualizar, interactuar y experimentar el entorno virtual en tiempo real, visualizar conceptos abstractos, sistemas en funcionamiento y experimentar escenarios con desafíos durante la práctica (Pantelić et. al, 2017).

El desarrollo de aplicaciones y el planteamiento de estrategias de aprendizaje detrás de ellos son compatibles con diferentes teorías del aprendizaje, en las que se explora la importancia del aprendizaje activo (Pantelić et. al, 2017): el aprendizaje constructivista, enfocado en el aprovechamiento de la interacción de los alumnos con los espacios virtuales; el aprendizaje situado, desde la inmersión del estudiante en un entorno donde adquieren información diversa y permiten, en tiempo real y en el entorno, la visualización de objetos virtuales que permite

oportunidades de visualizar elementos y situaciones difíciles de recrear. Por último, se ajusta al enfoque del aprendizaje basado en el juego y al aprendizaje basado en la investigación (Castellanos y. al, 2017), ya que los estudiantes adquieren conocimientos que los prepara para la vida profesional al descubrir la existencia de problemas, recolectar datos, analizar y determinar la solución (Young et. Al, 2018). Actualmente, se recomienda a los centros de educación superior con programas de medicina combinar los dos métodos anteriormente mencionados con un contenido digital complementario, en el que se exploren las habilidades de adaptabilidad a las nuevas tendencias en el diagnóstico y tratamiento en medicina (Zhang, S. et. al, 2019).

Si bien las interacciones sociales contribuyen positivamente a la satisfacción general con la experiencia del usuario, también moderan o interfieren con el impacto de la inmersión en la satisfacción. La interacción con objetos en el mundo virtual desempeña un papel importante en el aumento de la inmersión en el entorno virtual, y esa inmersión tiene efectos positivos significativos en la experiencia del usuario y el aprovechamiento de las herramientas del entorno (Sutcliffe et. al, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, se presume que, para lograr la mejor experiencia de usuario y, por lo tanto, el impacto positivo de la curva de aprendizaje, los entornos virtuales de aprendizaje deben ser inmersivos e interactivos y lograr en el usuario los factores subjetivos que se relacionan a los mismos, puesto que la implementación de características interactivas en el diseño de entornos virtuales dará lugar a experiencias más inmersivas.

Las curvas de aprendizaje son gráficas que muestran la relación entre el esfuerzo y los logros en el proceso de aprendizaje. Está compuesta por una medición de aprendizaje en el eje Y, con una medición del esfuerzo propuesto en cada actividad del proceso de aprendizaje en el eje X. Estas pueden usarse para describir el progreso de uno o varios estudiantes en un tema de manera

cualitativa (Pusic et. Al, 2015). Este modelo puede servir como una manera de medir la eficiencia y efectividad de una herramienta de aprendizaje, o una técnica de estudio (Pusic, Boutis et. Al, 2016).

La intersección del eje Y en una curva de aprendizaje representa el conocimiento previo del aprendiz; la pendiente es proporcional a la eficiencia del aprendizaje respecto al esfuerzo del estudiante por aprender el tema; esto dependerá de la dificultad del material, la calidad de la instrucción o la combinación de ambas. Esta curva, según el tiempo de experimentación, puede tener un comportamiento El comportamiento sigmoideo representa la relación entre un esfuerzo constante y el mejoramiento en el manejo del tema. El aprendizaje al principio es lento y tedioso, con bajos resultados en retentiva del tema. Después, se llega a una fase de rápido aprendizaje, en donde se determina el punto de inflexión. (Pusic et al., 2015). El alumno alcanza un umbral de conocimiento, en el cual la curva de aprendizaje presenta un comportamiento asintótico (Pusic et al. 2016). Esto implica que el conocimiento que el estudiante puede adquirir con un método es limitado por la novedad que este representa; al cambiar constantemente o combinar distintos métodos de aprendizaje, el límite de conocimiento parece alejarse en el eje X, lo que sugiere que las técnicas que empujan al estudiante a adaptarse a distintos métodos de aprendizaje cultivan una actitud de mejora para toda la vida (Pusic et al., 2016) y al enfocarse en crear espacios de inmersión (Pusic et. al, 2015).

Dentro de las aplicaciones en la educación, la Realidad Virtual ha tenido un gran desarrollo en la educación en ciencias de la salud. Específicamente, en áreas en las que las circunstancias a las que se enfrentan los profesionales son difíciles — y especialmente costosas (Pusic et al., 2015)— de recrear en un laboratorio. Actualmente, la oftalmología es la especialidad médica que cuenta con más simuladores en el mercado (Succar et al.,2020).

La oftalmología se define como una especialidad médica enfocada en el diagnóstico, tratamiento, inspección e investigación de las estructuras y enfermedades del ojo (AAO, 2021). Es una rama de la medicina que, a su vez, se divide en especialidades según los segmentos anatómicos principales del ojo (segmento anterior o posterior) o el tipo de patologías a estudiar. Los métodos de diagnóstico varían también acorde a estos dos factores. (Boden et. al, 2020).

El fondo del ojo es la región posterior al cristalino, formada por la retina, la esclera, la coroides, los vasos sanguíneos y el disco óptico. (DECS, 2017). Cuando alguna de las estructuras que conforman el fondo de ojo se ven comprometidas por alguna condición o enfermedad, se considera una enfermedad de fondo de ojo. Entre ellas, se puede encontrar el glaucoma, que es una enfermedad ocular cuya característica fundamental es el incremento de la presión intraocular, lo que genera un deterioro en las estructuras y la función del ojo. En casos severos, el disco óptico se comprime, el globo ocular se endurece y la agudeza visual se reduce, entre otros efectos (DECS, 2017); los exámenes para diagnosticar glaucoma son la tonometría, que se define como la medición de la presión intraocular, y la oftalmoscopia, en la cual se debe evaluar el color y el aspecto del nervio óptico, así como la integridad del anillo neural, la región peripapilar y determinar la presencia de hemorragias (Pérez Molina & León Veitía, 2017). La Organización Mundial de la Salud (OMS por sus siglas en español) estima que, a nivel mundial, 4,5 millones de personas habrían perdido la visión completamente a causa del glaucoma en 2018 (OMS, 2018).

Añadiendo a las patologías de fondo de ojo, las enfermedades de retina son normalmente provocadas por otras afecciones, tales como la diabetes tipo 2 (OMS, 2018), que puede afectar a la visión de no tratarse a tiempo, o la hipertensión, condición en que la tensión arterial está por fuera de los rangos normales (120/80), haciendo que se produzcan lesiones en la retina, coroides y nervio óptico, con lo cual es posible desencadenar la pérdida visual severa a partir de la

retinopatía hipertensiva, producida por el estrechamiento vascular que se genera a partir de esta condición, que genera cruces arteriovenosos, exudados duros y algodinosos, los cuales son los signos principales de diagnóstico en un examen de oftalmoscopia (Rodríguez, Zurutuza, 2008).

Las enfermedades de fondo de ojo también pueden ser de origen viral. La retinitis por Citomegalovirus (CMV) es generada por la presencia de un virus en la retina, que genera una infección caracterizada por inflamación, hemorragias y la aparición de edemas y necrosis. Sin el debido tratamiento, puede llevar a la ceguera en un periodo de tiempo de 4 a 6 meses. La retinitis por CMV es diagnosticada por medio de un examen oftalmológico estándar. El factor de diagnóstico común son lesiones blanquecinas de bordes irregulares en los vasos sanguíneos con hemorragias leves asociadas. Principalmente, se presentan alrededor de la fóvea. Existen dos tipos de lesiones: fulminantes e indolentes, según la presencia de hemorragias o edemas debido a las mismas.

También existen enfermedades que están relacionadas con el envejecimiento del tejido epitelial de ciertas estructuras. El desprendimiento de retina ocurre cuando las capas internas de la retina se separan desde el epitelio pigmentario (DECS, 2017), generando el deterioro de la agudeza visual y la aparición de luces intermitentes y centelleos. Requiere de una cirugía para ser corregido. Puede diagnosticarse con un oftalmoscopio, al identificar los segmentos de retina flotantes en la cámara posterior y el humor vítreo como formas difusas y móviles (Marsico, 2017).

Para el diagnóstico de estas enfermedades, se implementan los equipos de diagnóstico de oftalmología de fondo de ojo. Entre ellos se encuentra el oftalmoscopio, que es un equipo cuyo propósito es brindar al profesional de la salud, la visualización del fondo de ojo y otras estructuras de la cámara posterior de un paciente a través de la pupila, como parte de un examen ocular llamado

oftalmoscopia, el cual hace parte de los métodos de diagnósticos básicos de retina, disco óptico y humor vítreo y de los exámenes físicos de rutina (Ferrara et al., 2020).

Existen dos tipos de oftalmoscopio: en primer lugar, está el oftalmoscopio directo, el cual, a través de un conjunto de lentes, genera una imagen del fondo de ojo derecho y virtual con un aumento de hasta 15x (Michigan University, 2020) (Tirado & Marco, 2019). Este tipo fue el primero en desarrollarse y es el más implementado, pues es el que se incluye en el equipo de órganos de los sentidos usado en el examen físico de rutina. Es necesario el posicionamiento del equipo lo más cercano posible al ojo del paciente y del médico para la visualización. El último tipo es el oftalmoscopio indirecto, que consta de una banda de posicionamiento en la cabeza, un elemento de iluminación y un lente externo, para el diagnóstico a distancias mayores entre el paciente y el lente, permitiendo así mayor campo de visión y mayor incidencia de la luz que en el oftalmoscopio directo. Este puede ser monocular o binocular, siendo el último el más común. Es un método de diagnóstico que requiere la dilatación de la pupila.

Para entrenar al estudiante en la identificación de indicadores de diagnóstico, se han implementado diversos modelos de aprendizaje; actualmente, varias organizaciones médicas avalan dos modelos como insignia para la educación de estudiantes de medicina durante sus prácticas (Zhang, S. et. al, 2019). El primero es el modelo Halstediano, basado en la interacción residente—paciente, cuyo enfoque es mejorar las habilidades prácticas de los mismos (Polavarapu, H. et. al, 2013) bajo 3 enmiendas fundamentales: el brindarle al estudiante la oportunidad de hacer parte del cuidado del paciente, siendo supervisado por un profesional experimentado en el procedimiento. El permitirle al estudiante adquirir un conocimiento de las bases científicas de las patologías a partir del tratamiento, diagnóstico y corrección de las mismas. La última enmienda corresponde a la obtención de habilidades en el manejo de un paciente y de los procedimientos quirúrgicos de baja,

media y alta complejidad a partir de un aumento gradual de la responsabilidad e independencia en cada ejercicio.

El siguiente modelo es el modelo Cross Training, elaborado por el Consejo de Acreditación para Educación Médica de Posgrados (ACGME) y establecido en 1999 para la educación en cirugía. Este contiene 6 competencias, con las cuales se evalúan las bases fundamentales de la educación de un médico residente: conocimiento médico, cuidado de paciente, habilidades interpersonales y de comunicación, profesionalismo, aprendizaje basado en la práctica y la práctica basada en sistemas. Este modelo se diferencia del Halstediano, pues no sólo se enfoca en impartir educación, sino en desarrollar habilidades (Polavarapu, H. et. Al, 2013).

En Colombia, los exámenes de diagnóstico deben hacerse en un consultorio de oftalmología perteneciente a una IPS habilitada por la normatividad colombiana para realizar exámenes. Entre la normativa que regula la habilitación de los espacios de diagnóstico oftalmológico está la Resolución 4445 de 1996, que dicta las normas para las condiciones mínimas de habilitación de establecimientos hospitalarios. La Resolución 3100 de 2019, en la que se definen las condiciones de inscripción y habilitación de prestadores de servicio de salud en Colombia. La Resolución 1441 de 2014 indica los procedimientos y condiciones para para la prestación de servicios de un consultorio de consulta externa, en el cual se realizan los exámenes de oftalmología; define las condiciones de las áreas, las medidas de seguridad y la dotación que debe encontrarse en estos espacios. (ver Apéndice I).

3. Estado del arte

3.1.1. Contexto Internacional.

En los últimos 5 años, los entornos virtuales han sido desarrollados para complementar diferentes áreas de aprendizaje, dándole la oportunidad al estudiante de diferentes áreas (ciencias,

humanidades y artes, entre otras) experimentar con nuevas tecnologías y practicar su técnica simultáneamente. (Thomsen et. al, 2015). Esto, debido a que ofrece la oportunidad de instaurarse en un entorno inmersivo, facilita su concentración y, por lo tanto, garantiza que la atención que se brinda a la lección y la práctica es máxima. De hecho, el número de estudios publicados sobre sistemas de inmersión virtual (Realidad Aumentada y Realidad Virtual) ha aumentado significativamente en los últimos 10 años (Piromchai, et. al, 2015). Sin embargo, se demostró que las áreas de ciencias de la salud y educación son de las que menos han sido exploradas, a pesar del alcance que en los últimos años, los sistemas de educación por simulación en medicina han logrado, posicionándose como un nuevo paradigma en las metodologías de las escuelas más vanguardistas (Thomsen et. Al, 2015), especialmente para el entrenamiento en áreas que requieren el desarrollo de técnica a partir de la práctica y la reproducción de un procedimiento. Diversas revisiones de los avances desarrollados en esta área (Piromchai, et. al, 2020) (Thomsen et. al, 2015) (Tang, et. Al, 2020), concuerdan en que esta está aún en sus primeras fases, y requiere de más evaluación pedagógica dentro de su validación; sin embargo, concluye que los sistemas virtuales mejoran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas después de las intervenciones en un 95%, mejora los resultados en los cuestionarios de procesos postoperatorios por parte de los estudiantes (Kyaw, et. al, 2019) y las habilidades cognitivas de los estudiantes en los que se implementa en comparación a las técnicas de estudio y aprendizaje convencionales. Este es el ejemplo de las tecnologías aplicadas a neurociencias (Bernardo, A., 2017) y odontología (Huang et. al, 2018), en las cuales se obtienen resultados que respaldan la implementación de estas herramientas en educación y en el tratamiento de pacientes.

En cuanto a oftalmología, se observa que es una de las áreas de medicina con más implementación de herramientas de simulación; sin embargo, estas representan un costo elevado para la institución

de salud y los estudiantes, por lo que, usualmente, se dispone de limitados recursos para la demanda de estudiantes. En 2017, se desarrolló una aplicación de entrenamiento en oftalmoscopia en realidad virtual para dispositivos móviles en Unity, mostrando que las aplicaciones pueden simular correctamente los procesos involucrados en la examinación de fondo de ojo (Rai et. al, 2017) (Kim et. al, 2018). Consiste en seguir un protocolo de examinación de fondo de ojo, identificando patologías comunes en el ojo; al finalizar, se toma un quiz de conocimiento. Fue evaluada por médicos oftalmólogos, que aseguraron que resulta bastante práctica, útil y fácil de usar en sesiones externas a la clase, mientras los estudiantes aseguraron que el uso repetido de esta herramienta ayudó a ampliar sus conocimientos en oftalmoscopia, mejoró su habilidad para identificar indicadores de patologías de fondo de ojo y reconocer anomalías anatómicas. Además, encontraron el programa fácil de usar e informativo, y sintieron que el uso de estas herramientas resultaría en mayor confianza de los estudiantes de realizar estos procedimientos en el futuro (Kim et. al, 2018).

En el ámbito clínico, estas herramientas fueron implementadas en oftalmología por primera vez en 2004, cuando se desarrolló un equipo de entrenamiento en oftalmoscopia directa, cuyo propósito era capacitar a los estudiantes de oftalmología con tecnología nunca antes usada y de bajo costo (Huang, et. al, 2016), y ha evolucionado hasta hacer parte de las modalidades de investigación y desarrollo en instituciones de salud universitarias, como es el caso del proyecto de desarrollo de un software de entrenamiento en oftalmoscopia directa desarrollado por la cadena de Hospitales de Birmingham, Reino Unido (Hamilton et. al, 2020), el cual fue auditado con estudiantes de oftalmología, que aseguraron que la visualización de patologías se facilita al practicar con el software. Actualmente, en el mercado hay herramientas de última tecnología disponibles para los centros de salud universitarios y las instituciones de salud que requieran

adquirir este tipo de tecnologías para sus espacios de aprendizaje, como el OtoSim, un simulador de manejo del oftalmoscopio y tratamiento de patologías. Con este producto, se han realizado experimentos que demuestran que la práctica constante con este está directamente relacionada con los resultados más precisos en diagnóstico de patologías de fondo de ojo por estudiantes de oftalmología (Xu et. al, 2018).

Los educadores en oftalmología, actualmente, se cuestionan el uso de estas herramientas en las aulas de clase. Por esto, recientemente, se han desarrollado estudios de evaluación de diversas tecnologías para el entrenamiento en oftalmoscopia directa, y si es necesario, rentable y útil su adquisición (Ferrara et. al, 2020) que declaran que la tecnología enfocada en educación representa una mejora en la técnica de los estudiantes y residentes.

3.1.2. Contexto Nacional.

En 2019, la Sociedad Venezolana de Farmacología Clínica y Terapéutica publica el artículo científico del investigador colombiano (Becerra, 2019), en el cual explora las aplicaciones clínicas de la realidad virtual y cómo esta herramienta permite desarrollar significativos procesos de aprendizaje, abordando la composición anatómica de una estructura con modelos tridimensionales. Resalta que, desde 2012 en el país hay registros del esfuerzo de la comunidad universitaria por desarrollar e implementar sistemas de realidad virtual para entrenamiento en cirugía endoscópica de diferentes especialidades o en la simulación quirúrgica en el campo de la oftalmología (Becerra, 2019).

En este mismo año, la Universidad Pontificia Bolivariana desarrolla un holograma anatómico y funcional del globo ocular humano para mejorar el aprendizaje anatómico—funcional del globo ocular de los estudiantes de medicina. (Gómez S, et al., 2018). El uso de realidad mixta permite el desarrollo de una herramienta con alto detalle anatómico en dimensiones, capas, relaciones y

espesor, y funcionamiento de estructuras intra—extra ocular, facilitando la integración del componente tecnológico adoptado por las directivas de la universidad en sus planes de estudio de los programas de pregrado, postgrado y educación médica/pacientes (Gómez S, et al., 2018).

Con esta recopilación de información se pretende definir el campo de acción del presente proyecto, y elaborar un plan de acción – metodología de desarrollo – que permita la formulación de hipótesis basadas en la evidencia, para así obtener resultados coherentes y conclusiones útiles.

CAPÍTULO III

Descrito a continuación, se especifican las etapas diseñadas como metodología a seguir para la obtención de la información, datos y elementos necesarios para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

4. Metodología

4.1. Etapa 1.

4.1.1. *Revisión de la literatura.*

En el proceso de elaboración de esta investigación, la recolección de datos se realizará de informes, artículos o proyectos de investigación, todos en el idioma inglés, recolectados de revistas indexadas, sitios web de divulgación, libros y cualquier tipo de información en forma electrónica, haciendo mención de la fuente. Todo esto con el objetivo de analizar, filtrar y ordenar la información relevante para los objetivos planteados al inicio de este primer capítulo. Los temas tratados se complementarán, en su mayor parte, con cuadros, gráficas, fotos y figuras, todos referenciados en las tablas de figuras, tablas y Apéndices, respectivamente.

En esta etapa, inicialmente, se realiza una revisión de literatura para fundamentar el estado del arte, para determinar las necesidades actuales en un contexto internacional y nacional. En adición a esto, para mayor entendimiento del contexto local e incluir metodologías de aprendizaje apropiadas, se propone una exploración de los programas académicos de la especialización en oftalmología en la ciudad de Bucaramanga y el área metropolitana, buscando las metodologías de aprendizaje implementadas.

4.1.2. *Selección de contenido.*

En la primera etapa se definen también los equipos a modelar y las técnicas de aprendizaje en las que se basa el proyecto. Para definir qué equipos se incluirán dentro del entorno, se realizan

encuestas a estudiantes de pregrado de medicina, posgrado en especialización de oftalmología y estudiantes de carreras afines (ingeniería biomédica, enfermería y optometría) radicados en Bucaramanga y su área metropolitana. Esta encuesta será distribuida por medios digitales a toda la población, sin ningún tipo de restricción; sin embargo, está enfocada a la población en específico. Por esto, al finalizar el tiempo propuesto en el calendario para la resolución de la encuesta, se filtrarán los resultados respecto a la carrera que estudian, la universidad a la que pertenecen y la ciudad en donde están radicados (ver Apéndice II.1).

Finalmente, de estos datos se seleccionarán los tres equipos de oftalmología a incluir en el entorno de desarrollo, según la mayor frecuencia dentro del conjunto de variables.

Simultáneo al desarrollo de encuestas a estudiantes de pregrado y posgrado de carreras afines al área de oftalmología, haciendo uso de dispositivos electrónicos como celulares o computadores, se usarán dispositivos electrónicos como celulares y cámara fotográfica, para la recolección de la evidencias fotográficas o de vídeo; finalmente, se hace uso de medios de comunicación electrónica, como el correo institucional, para el intercambio de recursos electrónicos relevantes para los estudiantes que participen en el proceso de evaluación, como es el formato de consentimiento informado, los contenidos adicionales y las encuestas a realizar.

4.1.3. Esquema de desarrollo.

Para el desarrollo del entorno de simulación en realidad virtual, es necesario crear una estructura básica sobre la organización de contenidos (Ver Figura 1), todo en pro de facilitar la inmersión y la interacción con el entorno. Para este proyecto de investigación, se construirá una escena que permita el desarrollo de tres procesos independientes dentro del entorno de trabajo:

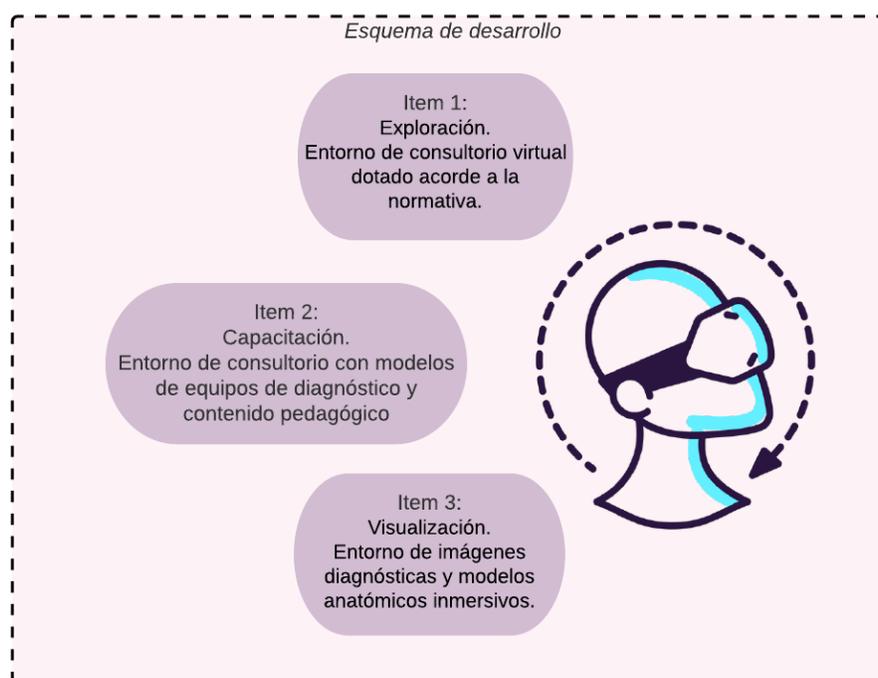


Figura 1. Diagrama de esquema de desarrollo de entorno virtual. Fuente: propia.

4.1.3.1. Ítem 1: exploración.

Durante la exploración, el usuario podrá moverse por una simulación 3D de un consultorio de oftalmología marco legal para condiciones de habilitación en espacios de oftalmología de una Institución Prestadora de Servicios (IPS, por sus siglas) de Salud ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga. Este consultorio fue construido acorde a la normativa de habilitación Nacional. Para esto, se realizará una visita a un consultorio, se tomarán medidas sobre el espacio y se implementarán dispositivos electrónicos como celulares y cámara fotográfica, para la recolección de evidencias fotográficas o de vídeo. Estas medidas se usarán para construir el espacio 3D, mientras que las fotografías y vídeos se usarán para recrear detalles, ubicar las luces, crear los objetos de decoración y ubicarlos en el espacio.

4.1.4. *Ítem 2: capacitación.*

Durante la capacitación, se realiza la interacción con los equipos de diagnóstico implementados en el entorno de simulación, con el objetivo de capacitar en el manejo de los equipos; en esta escena, a partir de mensajes visuales, de sonido y reacciones físicas a ciertos movimientos, se brinda al usuario la explicación de las partes del equipo, su modo de funcionamiento y las opciones de control que el equipo ofrece. Para esto, se implementa Visual Studio (Community 2019 v16.10.3), una herramienta que permite la creación de funciones y controladores en Unity a partir de líneas de código. Las variables a implementar en esta plataforma son, para todos los modelos 3D de los equipos de diagnóstico:

a. Movimiento.

El objeto 3D podrá moverse el espacio 3D en todas las direcciones mientras el usuario lo seleccione como objeto sólido. Se implementarán mensajes guías visuales, sonoras y reacciones hápticas a ciertas acciones durante el desarrollo de esta etapa. Este componente incluye el comportamiento físico del objeto, sujeto a fuerzas gravitacionales.

4.1.5. *Ítem 3: visualización.*

Durante la visualización, el usuario observa modelos anatómicos tridimensionales del ojo humano, en los cuales se cargan imágenes diagnósticas de fondo de ojo. Estas imágenes fueron capturadas por un oftalmoscopio láser de ultra-campo en alta resolución y permiten visualizar el 82% de la superficie de la retina en una sola captura; las fotografías fueron proporcionadas por docentes colaboradores de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. En el entorno se incluirán seis modelos anatómicos, cada uno con una patología de fondo de ojo, junto con guías visuales y sonoras para identificar los indicadores de la presencia de una anomalía en la región anatómica afectada.

En la Figura 2 se muestra, en resumen, el protocolo de desarrollo de la etapa 1.

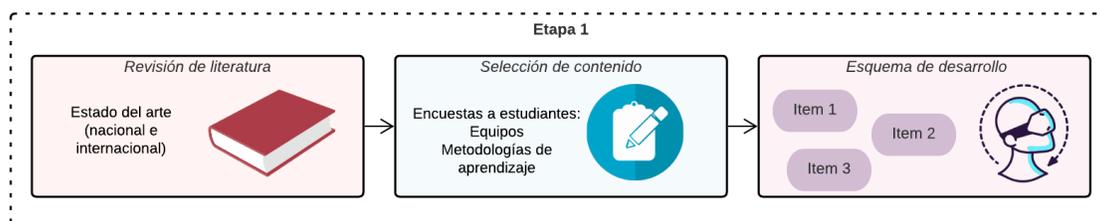


Figura 2. Diagrama de contenidos de la Etapa 1. Fuente: propia.

4.2. Etapa 2

La segunda etapa está enfocada en el modelado 3D y el desarrollo del entorno 3D.

4.2.1. Modelado y construcción de objetos 3D

En el siguiente cuadro metodológico se define el procedimiento de elaboración e investigación del tema a desarrollar en esta tesis.

Para la creación de los modelos 3D dispuestos en el entorno de simulación, se identificaron, seleccionaron y utilizaron programas de modelado 3D y texturizado 3D que permitieran escanear y/o moldear estructuras físicas, así como agregar propiedades estéticas como color y brillo para aportar al nivel de similitud a la realidad del entorno. Se seleccionaron los siguientes programas, basados en sus características, los formatos de archivos compatibles con cada uno y la disponibilidad de licencias estudiantiles otorgadas por la Universidad: Blender (v2.92.0), SubstancePainter (v2019) y SolidWorks (v2019); el funcionamiento de cada uno de ellos se describirá a mayor profundidad durante el desarrollo de este capítulo. Se eligió Unity (v2020.7.1) como motor de videojuego multiplataforma para la creación del entorno virtual; este programa de licencia de uso libre permite diseñar y construir a un espacio virtual con distintos objetos 3D además de poder asignarles comportamientos y características específicas a cada uno según la función que cumplan en el esquema de desarrollo propuesto para el presente proyecto.

4.2.1.1. Escaneo 3D

Los equipos serán escaneados usando el EinScan—SP Desktop 3D Scanner (v3.1.0.0), el cual es un scanner 3D de alta definición brindado por la universidad (Ver Figura 3). Este equipo permite realizar un escaneo rápido y fijo de cualquier estructura con gran precisión en el color y el detalle (ver Apéndice III.1).



Figura 3. EinScan—SP. (Shining, 2021).

4.2.1.2. Corrección geométrica

Una vez los modelos sean creados, se exportarán en formato .stl al software SolidWorks, el cual es un software CAD de modelado mecánico 3D, en donde se realizarán correcciones geométricas al modelo producto del escaneo 3D; a través de las herramientas “extruir saliente/base” y “revolución saliente/base” se crean figuras geométricas tridimensionales que se unifican en el objeto con el objetivo de reemplazar o completar una pieza que no fue correctamente escaneada. Con las herramientas “asistente para taladro” y “extruir corte”, se realizan ajustes a la geometría existente, con el objetivo de eliminar grandes piezas que fueron escaneadas por error.

Una vez el objeto cuente con una geometría más similar a la original, se guarda en formato .obj, uno de los formatos compatibles con Unity; posteriormente, el objeto se exporta a Blender, en donde se realizan correcciones en pequeños detalles con sus múltiples herramientas de moldeado de superficies, que permiten alterar la geometría del objeto al interactuar con sus vértices de

manera individual, utilizando el “modo edición”, o seleccionando un grupo de vértices en una región de influencia, usando el “modo escultura”.

4.2.1.3. Texturizado y aplicación de efectos visuales

El texturizado corresponde al apartado final en la fase de modelado y construcción de modelos, en el cual se crean y añaden texturas a los elementos tridimensionales del objeto 3D. Una vez se importa el objeto 3D en formato .obj al software, se crea una malla de texturización basándose en el color y aspecto de los materiales de construcción del objeto original, de manera que tengan un aspecto lo más realista posible. Una vez la textura está terminada, se crea un archivo único en formato .mtl, el cual está enlazado con el formato .obj del objeto 3D y contiene la información de la textura realizada. El software elegido para la texturización es Substance Painter, el cual permite renderizar texturas realistas de alta calidad para Unity, entre otros motores de videojuego.

4.2.1.4. Importación hacia Unity

Finalmente, los objetos y sus texturas son importados hacia Unity, en donde se unifica con el entorno y otros objetos 3D y en donde se le asignan comportamientos para su movimiento, su densidad, dureza y su comportamiento como objeto físico, su cantidad de masa y fuerza gravitatoria, entre otros. Los objetos decorativos se configuran como objetos cinemáticos, lo que permite que sean estáticos y carentes de propiedades interactivas.

Para la creación de un entorno 3D en Unity, se crea un nuevo proyecto con características 3D, y a este proyecto se le atribuyen características de manejo de VR a través del paquete de desarrollo XR Plug-in Management, en el cual se encuentran los controladores para dispositivos Oculus .

4.2.2. Construcción y desarrollo de entorno virtual 3D

4.2.2.1. Configuración del dispositivo VR

Se realiza la programación de los mandos y el visor Oculus Rift (Ver Figura 4), que, gracias a su avanzada tecnología de detección de movimientos, permite que la sensación de moverse por los juegos sea más inmersiva. Estas gafas permiten la interacción VR con juegos destinados a la plataforma Windows, por lo que deben estar conectadas a un computador que cuente con este sistema operativo (ver Apéndice III.2).



Figura 4. Oculus Rift. (Oculus, 2021).

4.2.2.2. Desarrollo del consultorio

4.2.2.2.1. Diseño de modelo de consultorio

El desarrollo del espacio del consultorio de oftalmología se lleva a cabo en un modelo de consultorio diseñado en la plataforma de simulación de realidad 3D Unity. Para su diseño, se toman en cuenta las medidas mínimas de habilitación otorgadas por la normativa colombiana, las dimensiones (alto, ancho y largo, en cm) y fotografías del consultorio de oftalmología de la Clínica FOSCAL Internacional.

Los modelos 3D que no sean desarrollados por el autor, serán obtenidos de la plataforma CG Trader y de Unity Asset Store, que cuentan con un amplio catálogo de objetos 3D que puede ser

usado para desarrollo de plataformas no comerciales bajo licencias de Fair Use (ver Apéndice IV.1 y 4.2).

4.2.2.3. *Inclusión de modelos 3D*

Los modelos 3D (y sus texturas) deben ser importados a la plataforma Unity. Posteriormente, los modelos se texturizan, usando modelos de texturas de la plataforma Pexels, acorde a sus normas de uso libre de imágenes (ver Apéndice IV.3) para luego incluirse dentro de las escenas y asignar a ellos sus texturas, usando y características de comportamiento similar a cuerpos físicos a través de los componentes de objeto *MeshRenderer* y *RigidBody*. A continuación, los objetos de decoración son ubicados y fijados en un punto (X, Y, Z) del espacio 3D, mientras que a los equipos de oftalmología se complementan con las interacciones de usuario, las guías visuales, sonoras, a través de los componentes de objeto *AudioSource* y *TextMesh Pro*.

4.2.2.3.1. *Contenido pedagógico*

El contenido pedagógico incluido en el entorno virtual gira en torno a dos temáticas principales: el desarrollo de un correcto diagnóstico a partir del análisis de determinantes en la imagen diagnóstica y el reconocimiento de las partes y el funcionamiento de los equipos de diagnóstico. Este contenido será recolectado de las bases de datos implementada para la adquisición de las imágenes y la descripción que brinden sobre los determinantes para el diagnóstico bajo el que están delimitadas y será incorporado al entorno virtual a partir de packages de adición de texto al entorno virtual como *TextMesh Pro*, adición de figuras, herramientas de delimitación de áreas en la imagen (flechas, círculos, etc.) y fuentes de audio.

4.2.2.4. *Scripting*

Algunas de las características de los objetos se configuran solamente a través de líneas de código que se relacionen con los atributos que este objeto tiene dentro del entorno. Cuando se requiere

agregar un atributo a un objeto dentro del entorno, se implementa VisualStudio como plataforma de programación para crear archivos de líneas de código relacionadas al comportamiento que se quiere dar al objeto.

En la Figura 5 se muestra el protocolo de desarrollo planteado para la etapa 2.

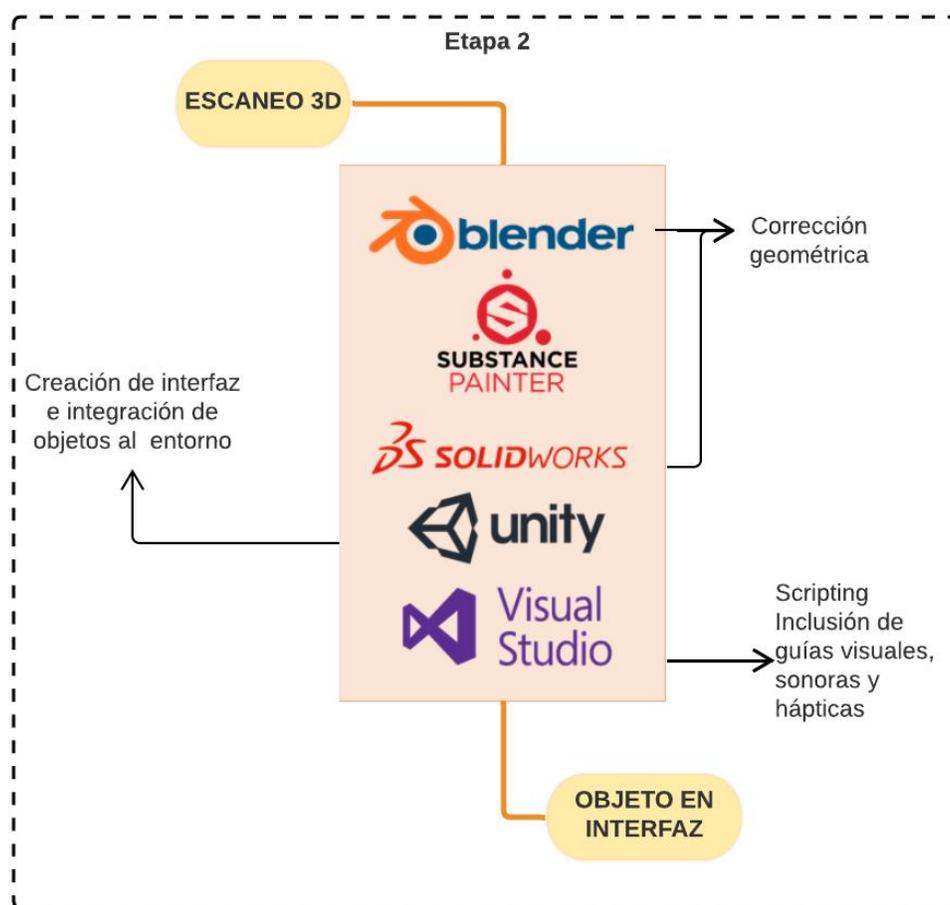


Figura 5. Diagrama de desarrollo de la etapa 2. Fuente: propia.

4.2.3. Construcción de aplicación ejecutable

Una vez el entorno esté listo, se creará un archivo ejecutable, que permitirá iniciar el entorno virtual en las Oculus Rift. Esto, a través de las opciones de construcción que brinda Unity como motor de desarrollo.

4.2.4. Creación de manuales de usuario de entorno virtual

Al finalizar las etapas previas, tendremos el archivo del entorno virtual, por lo cual se desarrollarán manuales de usuario para explicar su función, los pasos para su correcto uso y funcionamiento y las opciones que este contiene (Ver Apéndice V).

4.3. Etapa 3

4.3.1. Diseño de experimentos

Para el desarrollo de la etapa de evaluación, se implementaron dos estrategias: la primera tiene como objetivo determinar, bajo la percepción propia del usuario, el nivel de aprendizaje adquirido. Para determinar la efectividad del entorno realizado como una herramienta de aprendizaje hacia el estudiante, se realiza un diseño de experimentos que permite desarrollar un proceso de evaluación reproducible y eficiente. Al determinar que la evaluación principal constaría de la valoración del entorno virtual y la experiencia de usuario, se delimitaron factores subjetivos que permitirán conocer los niveles de inmersión e interacción, así como la comodidad y satisfacción con la herramienta (ver Figura 6).

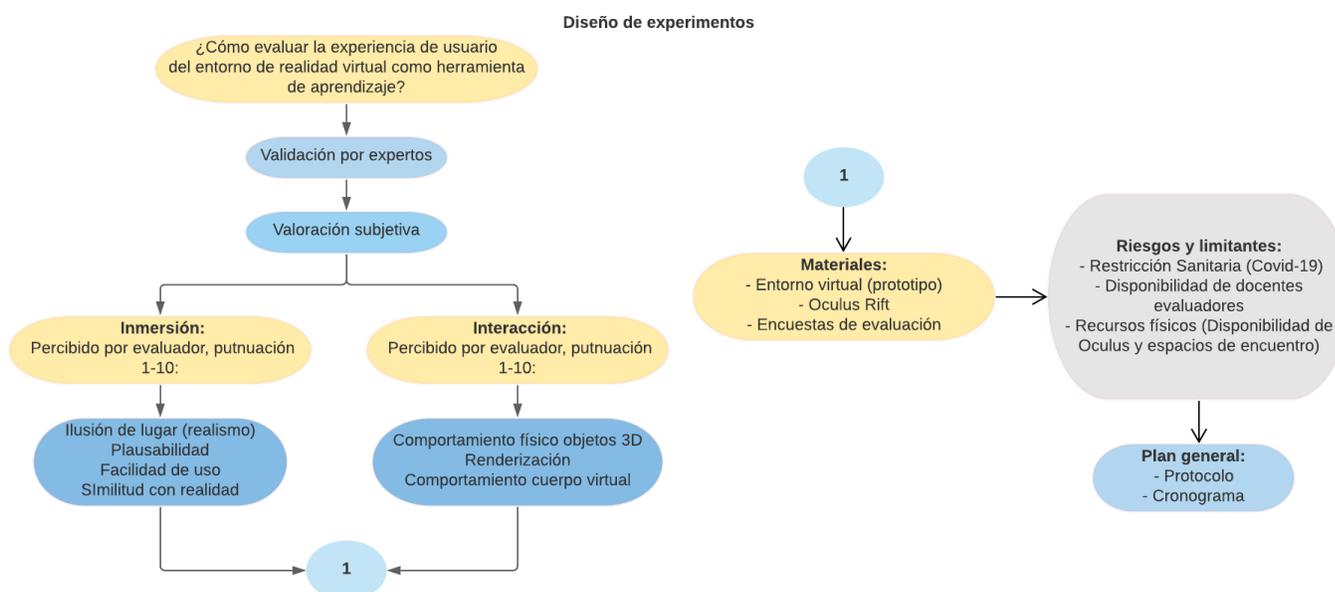


Figura 6. Diagrama de desarrollo del diseño de experimentos. Fuente: propia.

4.3.1.1. Marco legal y código de ética

Los contenidos audiovisuales implementados son creados por el autor o utilizados bajo las normas de “Fair Use” establecidas por las plataformas de distribución y los autores (ver Apéndice IV).

4.3.2. Evaluación del entorno virtual

La evaluación del entorno virtual se lleva a cabo a través de la aprobación por concepto como médico y profesional de uno de los docentes del programa de oftalmología de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, que se ofreció como voluntario para realizar esta labor. A través de lo explorado por la literatura, al docente se le pide que califique el entorno basado en factores que, según la literatura (Hudson et. Al, 2019 & Sutcliffe et. al, 2016), permiten que el entorno sea interactivo e inmersivo respecto a lo planteado por (Sutcliffe et. al, 2016 & Evenddy et. al, 2021):

- Similitud con realidad.
- Interactividad del entorno virtual.
- Facilidad de uso de la tecnología.
- Identificación o vínculo del usuario con el entorno.
- Variedad de contenidos pedagógicos.
- Calidad de imágenes.
- Veracidad de la información de contenidos pedagógicos.

Este planteamiento metodológico permitirá a la investigadora llevar a cabo la investigación de manera ordenada, garantizar resultados fiables, válidos y reproducibles y cumplir con los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO IV

Este capítulo presenta los resultados del proceso de investigación a través de sus tres etapas de desarrollo, adjuntando evidencias fotográficas y documentales para cada uno; así mismo, al finalizar, se analiza su aporte a la investigación general en relación al cumplimiento de los objetivos de desarrollo.

5. Resultados

De acuerdo con las etapas de desarrollo enunciadas en la metodología, se muestran los siguientes resultados:

5.1. Etapa 1.

5.1.1. *Contenidos de planes de estudio*

La revisión de los planes de estudios permitió hallar similitudes y diferencias en los temas y metodologías de aprendizaje que implementan. Las especializaciones en oftalmología de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) tienen una duración de cuatro años (8 semestres), con 248 y 319 créditos en total, respectivamente (ver Tabla 1). En ambas universidades se maneja la metodología de aprendizaje teórico práctica, en la cual los estudiantes dividen sus horas estudiantiles entre contenido teórico, práctico y trabajo individual durante toda la especialización. En el caso de la UIS, la distribución promedio entre horas teóricas, prácticas y de trabajo individual en un semestre es del 17.1%, 33.3% y 49.6% respectivamente. En la UNAB esta distribución es de 23.8%, 25.7% y 50.5% respectivamente (ver Tabla 2 y 3).

Descripción	UIS	UNAB
No. Créditos	248	319
Promedio horas teóricas/semana	39.5	35.0
Promedio horas prácticas/semana	77	37.8
Promedio horas t. individual/semana	114.5	74.3
Total promedio horas/semana	231	147.2
%horas teóricas	17.1%	23.8%
%horas prácticas	33.3%	25.7%
%horas t. individual	49.6%	50.5%

Tabla 1. Distribución de horas de estudio en programas de Especialización en Oftalmología. Fuente: propia.

UNAB	horas teóricas/semana	horas prácticas/semana	horas independientes /semana
Primer año	35	38	77
Segundo año	35	40	76
Tercer año	36	37	74
Cuarto año	34	36	70
Promedio	35.0	37.8	74.3

Tabla 2. Distribución de horas de estudio por año en Especialización en Oftalmología de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (Unab). Fuente: propia.

UIS	horas teóricas/semana	horas prácticas/semana	horas independientes /semana
Primer año	42	82	122
Segundo año	42	82	122
Tercer año	42	82	122
Cuarto año	32	62	92
Promedio	39.5	77	114.5

Tabla 3. Distribución de horas de estudio por año en Especialización en Oftalmología de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Fuente: propia.

Ambos programas de especialización se realizan en convenio con la clínica FOSCAL, la cual les brinda ambientes de simulación y práctica con herramientas tecnológicas denominadas como *wet labs* (ver Figura 7), en donde tienen acceso a diferentes equipos y herramientas de simulación de procedimientos quirúrgicos. A su vez, gracias a este convenio, tienen contacto con equipos de diversas especificaciones, años de antigüedad, niveles de complejidad en su funcionamiento y manejo. Sin embargo, en ninguna de las dos universidades se contempla el uso de tecnología en realidad virtual en clases teóricas, prácticas o como herramienta de estudio individual.



*Figura 7. Espacios de entrenamiento en técnicas quirúrgicas Wet Labs — Clínica FOSCAL
Fuente: propia.*

De acuerdo con la comparativa entre planes de estudios y unidades temáticas abordadas (ver Apéndice VI). Ambas universidades impulsan activamente la participación en grupos de investigación focalizada, haciendo referencia a las estrategias de aprendizaje focalizado y, la mayoría de las asignaturas escogen enfocarse en el método Halstediano, en las cuales son expuestos al ambiente hospitalario dentro de los convenios con instituciones de salud del área metropolitana de Bucaramanga. Así mismo, en ambas se encuentra un componente social con las materias Salud Comunitaria I y II (Unab) y Unidad Oftalmológica Móvil (UIS), en las que se discuten problemáticas locales y se brindan espacios y recursos para realizar proyecto de impacto social relacionados con la oftalmología.

Según lo propuesto por los resultados encontrados en los planes de estudio, y sabiendo que los expertos en enseñanza en medicina dice que la mejor manera de desarrollar un proyecto de estudios en combinando distintas técnicas de aprendizaje (Pusic, 2016), se determina que la metodología de aprendizaje a implementar como herramienta de acompañamiento paralela a los componentes

teóricos y prácticos será la metodología Cross Training, como método que facilita la intervención tecnológica en un espacio en el que la teoría y la práctica se combinan, permitiéndole al estudiante aprovechar ambos componentes simultáneamente de manera independiente, aunque complementaria, a los esquemas que le brinda su programa académico.

5.1.2. Selección de equipos

La encuesta de selección de equipos y metodologías fue diligenciada por 65 personas en total; sin embargo, el realizar el filtrado bajo las variables *Carrera que cursa*, *Ciudad de Residencia* y *Semestre académico*, se determinó que sólo 40 estudiantes estaban por encima de sexto semestre al momento de la aplicación de la encuesta en un programa de estudios de ciencias de salud en la ciudad de Bucaramanga; el 100% de los estudiantes estudia medicina (ver Figura 8); 26 (65% de la población encuestada) de ellos pertenecientes al pregrado de medicina UNAB a partir de sexto semestre, 7 (17.5% de la población encuestada) pertenecientes al pregrado de medicina UIS a partir de cuarto semestre y 7 estudiantes (17.5% de la población encuestada) de la especialidad en oftalmología del programa de la UNAB.

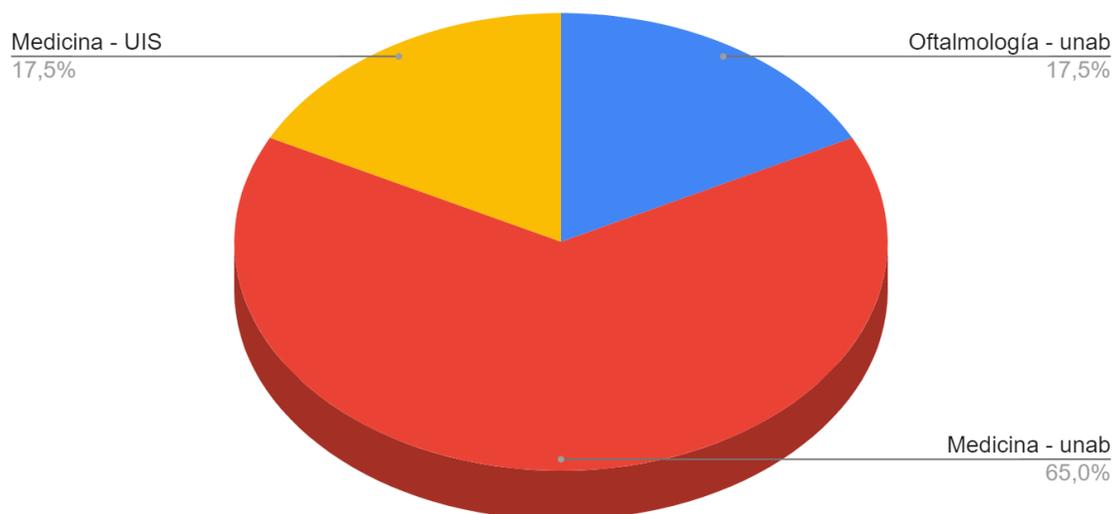


Figura 8. Distribución poblacional (programa académico) de los encuestados post filtrado.
Fuente: propia.

Una vez filtrada la información obtenida a través de la encuesta, se cuentan los puntajes obtenidos de cada equipo de diagnóstico en fondo de ojo en los 6 ejes de clasificación, representados por las 6 preguntas de la encuesta (ver Tabla 4).

Equipos	Mayor inseguridad durante aprendizaje	Mayor tiempo de adaptación	Mayor dificultad técnica	Menos experticia	Mayor dificultad teórica	Preferencia actual	% TOTAL
Oftalmoscopio Directo	2	5	8	3	9	13	16,67%
Oftalmoscopio indirecto	6	11	11	7	6	12	22,08%
Oftalmoscopio digital directo	10	4	8	7	6	5	16,67%
Lámpara de hendidura	7	8	2	11	5	6	16,25%
Cámara retinal	7	3	3	4	10	4	12,92%
Ecógrafo ocular	8	9	8	8	4	0	15,42%
TOTAL	40	40	40	40	40	40	100,00%

Tabla 4. Tabla de Puntajes de Clasificación de Equipos de diagnóstico en Oftalmología a partir de los ejes propuestos - Encuesta Selección de equipos. Fuente: propia.

Teniendo en cuenta los resultados enunciados en la Tabla 4, se determina que los tres equipos con mayor puntaje son: oftalmoscopio indirecto, oftalmoscopio indirecto y oftalmoscopio directo digital. Sin embargo, por lo similar que resulta el principio de funcionamiento entre el oftalmoscopio directo e indirecto, se propone eliminar al oftalmoscopio directo digital e incluir en el entorno lámparas de hendidura. Por lo tanto, el oftalmoscopio indirecto, el oftalmoscopio directo y la lámpara de hendidura son los equipos que serán incluidos dentro del entorno de simulación como foco central de la capacitación en su uso.

5.1.3. Objetos 3D a modelar

La visita realizada a los consultorios de oftalmología ubicados en la clínica FOSCAL Internacional tuvo como objetivo el reconocimiento de la dotación, la infraestructura y los servicios relacionados con el área a modelar (ver Figura 9).



Figura 9. Consultorio de Oftalmología FOSCAL Internacional. Fuente: propia.

Durante la visita, se tomaron evidencias fotográficas del área y se solicitó acceso al inventario de dotación de los consultorios (ver Tabla 5). Este inventario de equipos se compara con lo expuesto con la normativa colombiana, específicamente en la Resolución 1441 de 2013, buscando validar este espacio como una buena referencia para el diseño del consultorio a modelar y, así, asegurar el cumplimiento de las condiciones mínimas de habilitación.

Descripción		Cant.		
			Caja de pruebas de lentes	1
	Oftalmoscopio Indirecto	1	Reglilla diamétrica	1
	lente 60, 78 o 90 dioptrías	1	Transiluminador o linterna	1
	lente de Ruby	1	Tonómetro	1
	lente de Golmann	1	Optotipos para estereopsis	1
	Optotipos para visión	1	Test para valoración de	1
	Optotipos para visión	1	Lente de contacto de	1
Equipo básico de refracción	oftalmoscopio	1	Set instrumental para retirar puntos y aplicar inyecciones subconjuntivales y	1
	retinoscopio	1	Lámpara de hendidura	1
	cajas de	1	Tonómetro de aplanación	1
	reglas de	1	Transiluminador o linterna	1
	montura de	1	Campímetro	1
	reglilla	1	Optotipos para estereopsis	1
	set de	1	Test para valoración de	1
	queratómetro	1	Lente de contacto de	1
	lensómetro	1		
Caja de pruebas de lentes	1			

Tabla 5. Inventario de equipos en consultorio de oftalmología FOSCAL internacional. Fuente: propia.

Todos los modelos realizados u obtenidos de plataformas como CGTrader o Unity Asset Store se incluyeron en un inventario de equipos, con el objetivo de enumerar cada equipo y constatar su origen (ver Apéndice VII).

5.1.4. *Contenido pedagógico*

El contenido pedagógico para esta etapa consta de audios con información relevante sobre la patología que muestra la imagen, como las causas, comorbilidades y los indicadores de diagnóstico de la imagen en cuestión (ver Apéndice VIII).

5.2. **Etapa 2**

5.2.1. *Modelado y construcción de objetos 3D*

Los equipos restantes del inventario pueden provenir de dos orígenes, según sean modelados por la autora o provenientes de plataformas de modelos 3D. Para la habilitación del área del consultorio de oftalmología, se modelaron en Blender y se texturizan en Substance Painter, como fue el caso del oftalmoscopio directo e indirecto (ver Figura 10). De haber sido obtenidas de plataformas de objetos 3D, se implementaron posteriormente en el entorno de Unity bajo las normas de Fair Use de cada uno (ver Figura 11).



Figura 10. Texturización en el Software Substance painter del A) oftalmoscopio directo. B) oftalmoscopio indirecto. Fuente: propia.

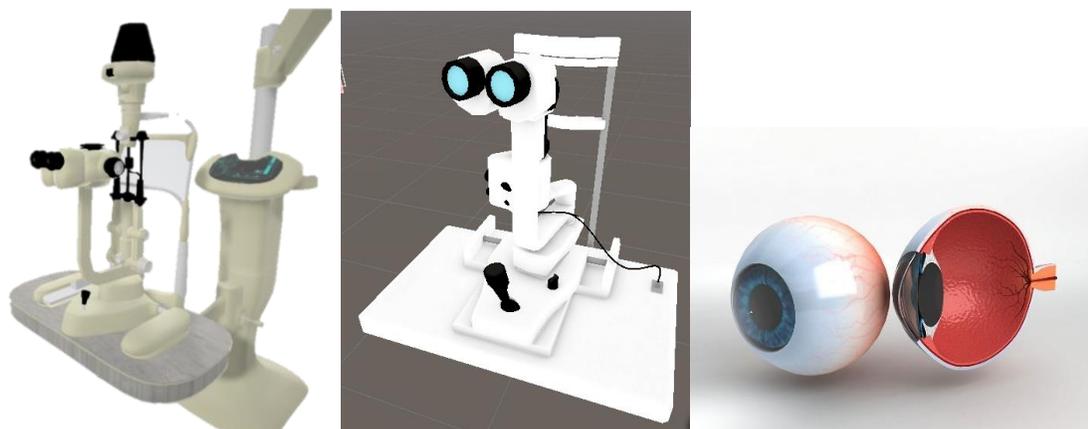


Figura 11. Modelo prefabricado de A), B) lámpara de hendidura, C) Ojo humano. Fuente: propia.

5.2.2. Construcción y desarrollo de entorno virtual 3D

5.2.2.1. Ítem 1: exploración

Según la Resolución 4445 de 1996 constata que las condiciones mínimas de habilitación de consultorios de medicina especializada es un área mínima de 10 m², con la posibilidad de incluir un área sanitaria y una clara diferenciación entre el área de examinación y el área de entrevista (ver Apéndice I). La Resolución 1441 de 2013 define las condiciones de dotación y la Resolución 3100 de 2019 agrega a las condiciones de inscripción y habilitación el lavamanos (ver Apéndice I). Las dimensiones (Ver Figura 12) le dan al consultorio un área de 24 m² y cuenta con una pared de vidrio como superficie divisoria entre el área de entrevista y examinación. Este consultorio no cuenta con unidad sanitaria.

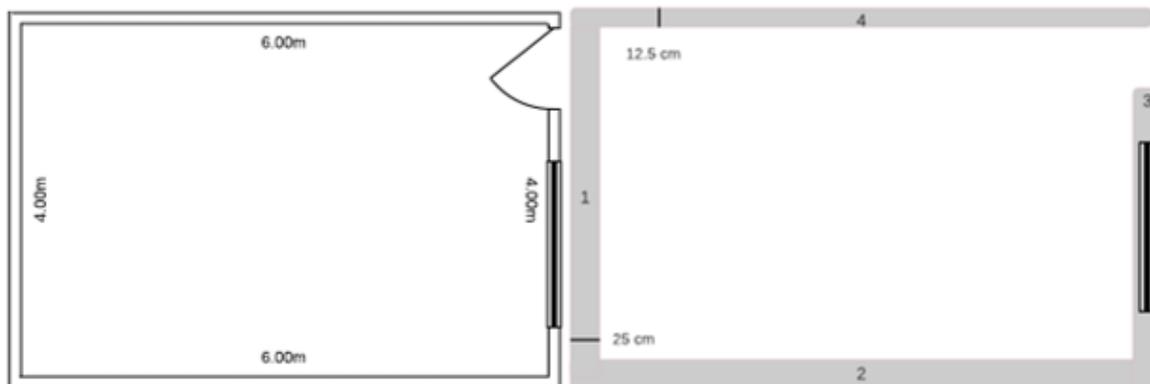


Figura 12. Planos de infraestructura de consultorio. a) Dimensiones. b) Grosor de las paredes.

Para la construcción del modelo 3D, se implementaron cubos como la figura inicial para las paredes. Tras modificar las dimensiones y la posición en el espacio para que funcionen como piso, techo, fachada y paredes (Ver Tabla 6), se ajustaron a las dimensiones adquiridas en la revisión de la normativa y la visita al consultorio de oftalmología.

Elemento que representa	Cantidad
Piso	1
Techo	1
Paredes	3
Fachada	5

Tabla 6. Inventario de los objetos implementados en la construcción del modelo de consultorio.
Fuente: propia.

En la construcción de la fachada o cara principal del entorno, se emplean 5 paralelepípedos de diferentes dimensiones. Adicionalmente, se hace una segunda habitación, con el objetivo de almacenar los modelos 3D por fuera del entorno de visualización. Al finalizar la construcción de la estructura del consultorio, se unifican en un único objeto 3D (ver Figura 13) y se texturizan, implementando imágenes de la plataforma Pexels.

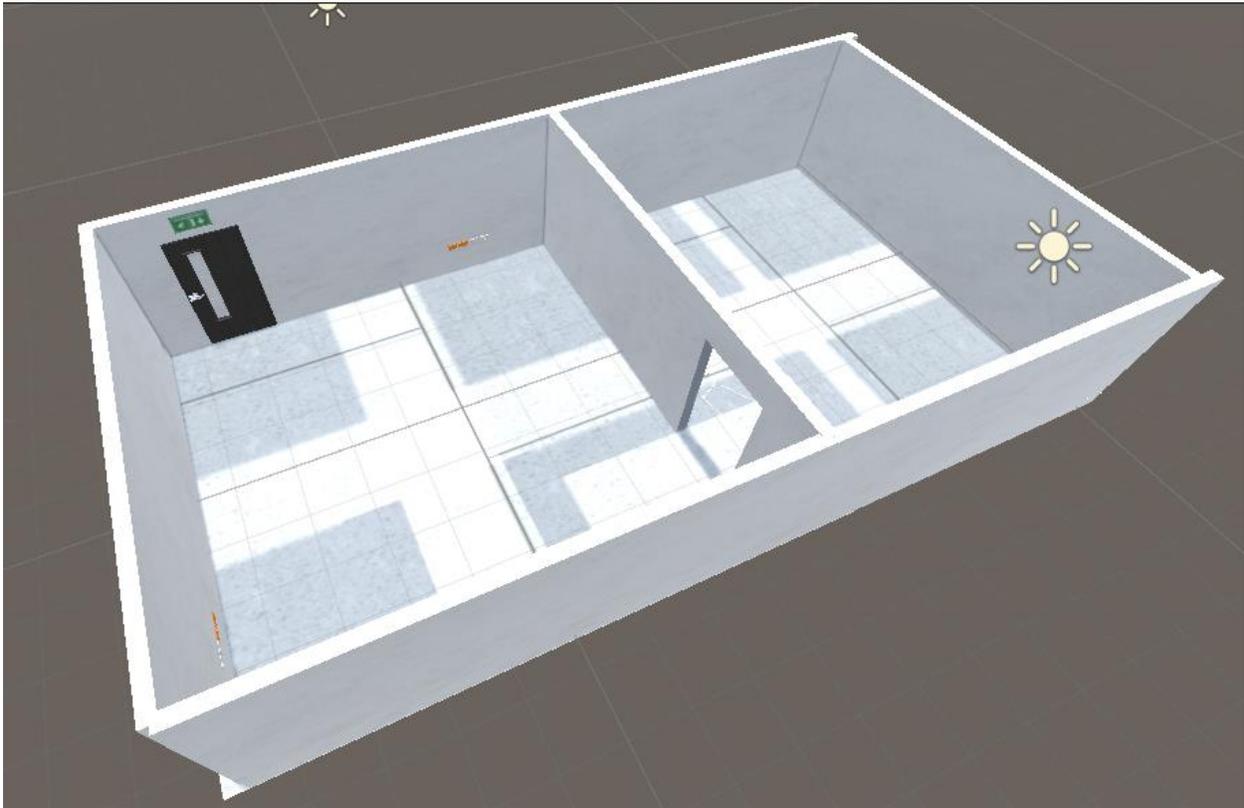


Figura 13. Infraestructura de consultorio de oftalmología. Fuente: propia.

En la Figura 14, se observa la vista final del consultorio de optometría, la cual está dotada con los equipos biomédicos que por normatividad deben encontrarse en el área, tales como son la lámpara de hendidura, y el oftalmoscopio directo e indirecto. Este grupo de equipos se modelaron específicamente para el propósito interactivo del entorno, los demás elementos que se encuentran dentro del espacio, como la unidad de optometría, las mesas, sillas y decoraciones, fueron descargadas de CG Trader, una biblioteca de modelos 3D libres, además de seguir los lineamientos del Fair use para cada uno de los objetos.



Figura 14. Vista superior del modelo 3D de consultorio de oftalmología. Fuente: propia.

Al finalizar de ubicar los objetos de decoración, se ubican los puntos de desplazamiento en los que el Jugador podrá ubicarse para detallar cada parte del consultorio. Se ubica la cámara de visualización en la entrada del consultorio, de tal manera que esta sea la fase inicial al ejecutar el video juego, y le asigna al jugador una vista en primera persona.

5.2.2.2. Item 2: capacitación

En la etapa de capacitación se contemplan los 3 tipos de equipos interactivos en el consultorio de oftalmología, (Ver Figura 15). A estos equipos se les atribuyen características, a través del scripting, como objetos interactivos, usando una de las herramientas de XR Plug-in Management llamada OVRGrabbable, que permite la interacción directa con los mandos Oculus Rift.



Figura 15. Equipos médicos interactivos en el entorno virtual. Fuente: propia.

Así mismo, en esta etapa se incluye el controlador de personaje, permitiendo el movimiento del usuario y la interacción con los objetos (Ver Figura 16a). Este controlador, conocido como `OVRPlayerController`, incluye las opciones de configuración de mandos Oculus Rift y le asigna al jugador el movimiento de la cabeza (Ver Figura 16b).

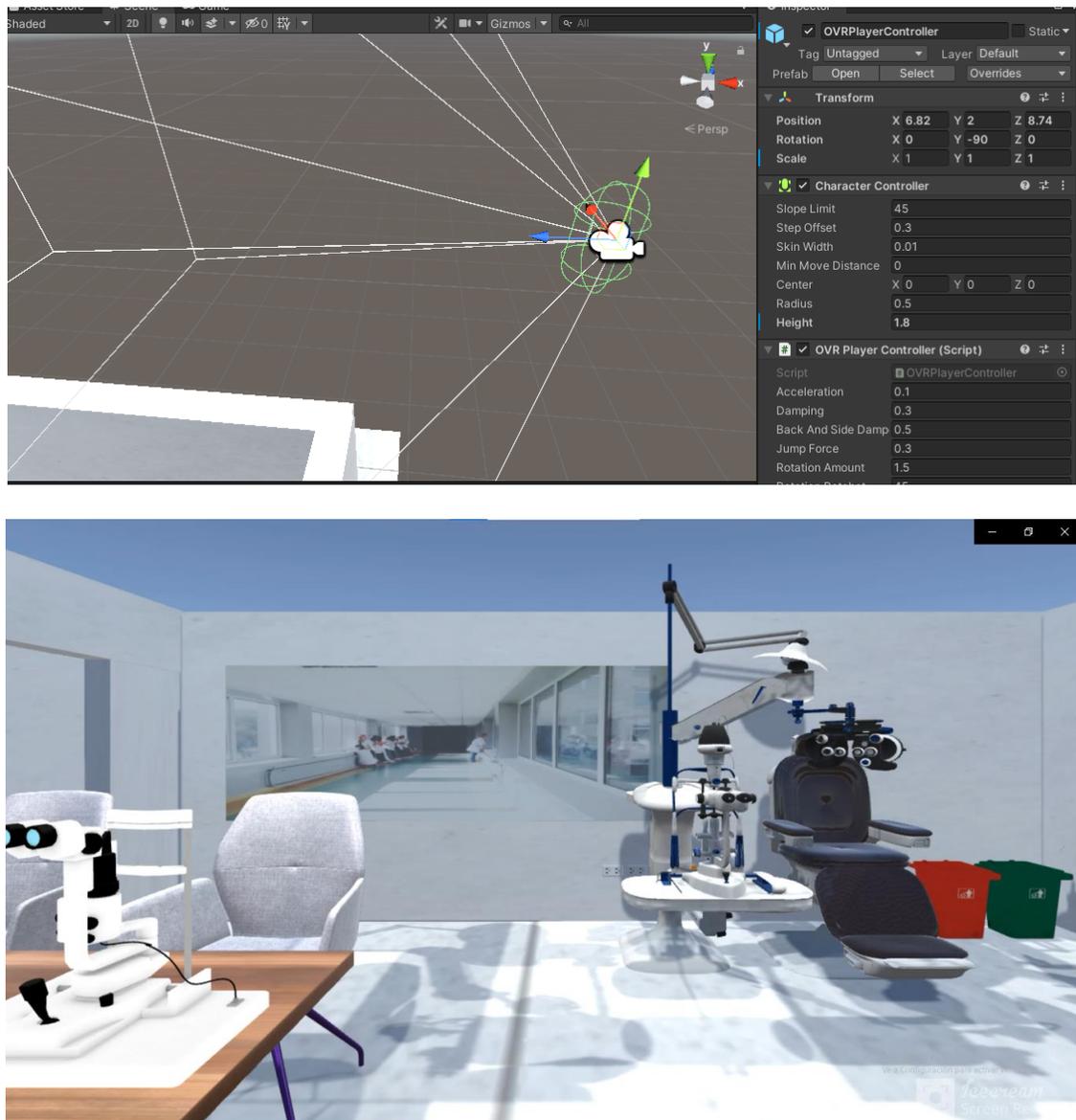


Figura 16. a) OVR Controller y cuerpo de usuario dentro del entorno virtual b) vista en primera persona dentro del entorno virtual. Fuente: propia.

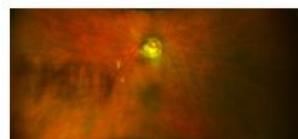
5.2.2.3. Item 3: visualización

Gracias a la colaboración de un docente investigador de la Universidad, se incluyen dentro del entorno 6 imágenes de fondo de ojo de ultra campo tomadas en pacientes que presentan seis

patologías distintas: desprendimiento de retina temporal, oclusión de vena central, retinopatía diabética, estafiloma posterior, melanoma coroideo, desprendimiento coroideo y oclusión de vena central retiniana (ver Figura 17a), y dentro del área del consultorio que, hasta este momento, no contiene ningún objeto 3D, se importó el modelo anatómico 3D del ojo humano seis veces, una por cada patología cubierta en el entorno; en cada modelo se incluye una foto de una patología distinta, como parte de la texturización de la retina. Así mismo, se incluye el menú de control de aparición y desaparición de dichas imágenes en el espacio a controlar por el usuario, y los audios explicativos a reproducir (ver Figura 17b).



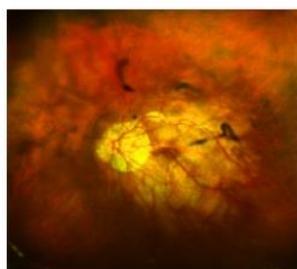
03_dr



despcoroideoarreglado



despretinaarreglada



estafilomaarreglado



melanomaarreglado



ovcarreglado

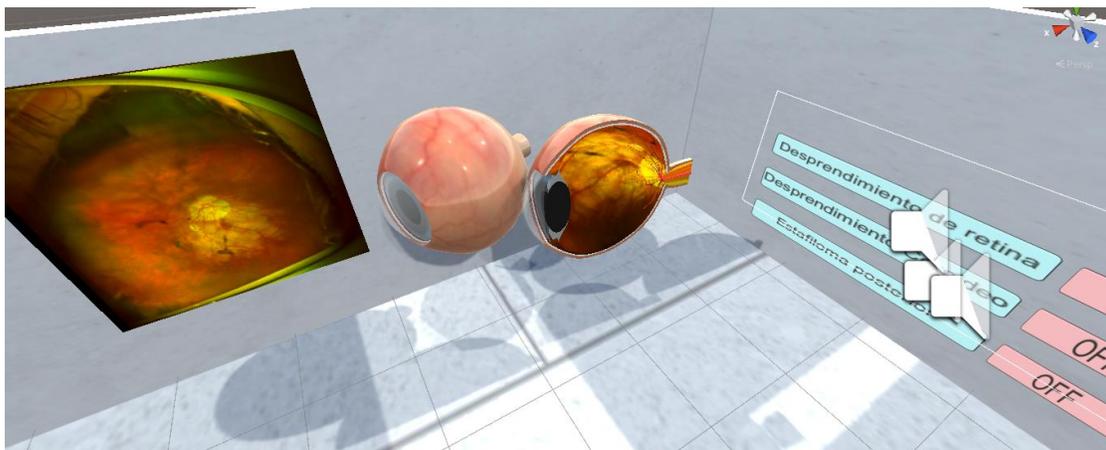


Figura 17. Desarrollo de Escena 3. a) Fotografías de fondo de Ojo. b) Texturas panorámicas e inclusión de archivos de audio y texto. Fuente: propia.

5.2.3. Construcción de aplicación ejecutable

La construcción del archivo ejecutable se lleva a cabo en el menú de configuración de construcción, en el cual, una vez seleccionada la plataforma Windows como plataforma objetivo, se importan todas las características en un formato .exe compatible con las Oculus Rift.

5.2.4. Creación de manuales de usuario de entorno virtual

El manual de usuario es creado una vez el ejecutable está listo para ser implementado en la etapa 3. En él se incluyen instrucciones para el correcto uso e instalación de las herramientas de software y hardware requeridas para su funcionamiento, así como una guía para la inicialización del entorno y una guía de controles de juego.

5.3. Etapa 3

Se realizaron reuniones con un docente experto en educación en oftalmología entre los meses de octubre de 2020 y junio de 2021, con el objetivo de revisar el cumplimiento de los ítems enumerados. Esto permitió que calificara, como aprobado o no, cada uno de estos ítems (Ver Tabla 7):

Items de evaluación	oct-20	nov-20	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21
Similitud con realidad.	X	X	X	X	X	X	X
Interactividad del entorno virtual.				X	X	X	X
Facilidad de uso de la tecnología.	X	X	X	X	X	X	X
Identificación o vínculo del usuario con el entorno.						X	X
Variedad de contenidos pedagógicos.							X
Calidad de contenidos pedagógicos.							X
Veracidad de la información de contenidos pedagógicos.							X

Tabla 7. Resultados de evaluación mensual de los ítems de diseño de entorno virtual. Fuente: propia.

6. Análisis de resultados

Como regla general, (Dalgarno et. al, 2010, Pusic et. al, 2015 & Pederson et. al 2014) explican que el éxito de los entornos virtuales diseñados como herramienta de aprendizaje depende del nivel de la aproximación a la realidad que estos logren conseguir. Por lo tanto, es importante saber que, para realizar un entorno virtual que permita mejorar el proceso de aprendizaje de un estudiante, este debe ser lo más similar a la realidad posible, y debe diseñarse, preferiblemente (Pusic et. al, 2015), basado en espacios y experiencias que el usuario reconozca, para así facilitar el general un vínculo y patrones de recordación, que facilitan, según (Pantelić et. al, 2017), el proceso de aprendizaje. Por esto, y basados en las encuestas a estudiantes, se diseñó un entorno que fuese lo más cercano en la realidad posible para los estudiantes, tomando como referencia una de las áreas donde más tiempo pasan: el consultorio donde realizan su práctica.

Según la selección de equipos, realizada a partir de los datos recolectados en las encuestas a estudiantes, se observa en los estudiantes un interés en la creación de estas tecnologías y en la participación y exploración con las mismas. También se evidencia la clara necesidad de abordar el tema de los equipos de diagnóstico, puesto que en todos los equipos se muestra que existen estudiantes que no conocen cómo implementarlos y/o sienten inseguridad en el diagnóstico que brindan a su paciente por no familiarizarse lo suficiente con el equipo que usan.

De acuerdo con la comparativa entre planes de estudios y unidades temáticas abordadas (ver Apéndice VI), se encuentra una estructura similar entre las temáticas cubiertas por ambos programas; en ambos casos se observan una cantidad significativa de créditos y materias enfocadas a la semiología ocular, el estudio de la sintomatología y la oculoplástica; esto indica que, una cantidad importante de tiempo el estudiante formula hipótesis sobre probables diagnósticos a partir de indicadores observables y comprobables. Esto obedece a ambas corrientes de metodologías de aprendizaje, Halstedianas y de Crosstraining (Polavarapu, H. et. al, 2013), las cuales son la base para la generación de contenido.

Basados en la investigación de cursos en el plan de estudios de las universidades, se determinó que la implementación de tecnologías de simulación en la UNAB les permitiría a los estudiantes reforzar lo aprendido con en la teoría de manera no repetitiva, pues, estos modelos de simulación digital permiten al estudiante explorar el contenido teórico en prácticas con modelos que permiten la exploración profunda y la visualización de estructuras que en modelos anatómicos se consideran complicadas de distinguir. Esta es una gran herramienta como eslabón de conexión entre las clases teóricas y las prácticas con modelos anatómicos reales, pues permite adaptarse a la metodología de aprendizaje por visualización y exploración incluyendo modelos 3D hiperrealistas, mientras que permite conservar los elementos teóricos de las ilustraciones. En ambas universidades se impulsa la participación en grupos de investigación, en donde el estudiante confronta situaciones en las que debe hacer parte de un equipo de trabajo y, por lo tanto, reforzar sus habilidades sociales y de pensamiento propositivo tanto como las técnicas.

Respecto a la valoración otorgada por el especialista, podemos observar que la herramienta resulta fácil de utilizar desde el primer momento, permitiendo la familiarización con el espacio y confirmando que el entorno era realista y semejante, aunque no exactamente igual al original. Tras la inclusión de las imágenes diagnósticas, en la última revisión, se cumplen con los estándares relacionados a calidad, veracidad y variedad de los contenidos, además de la interacción, que se logra tras agregar al entorno la capacidad de moverse e interactuar con objetos.

Los equipos de oftalmología tienen como regla general que el mecanismo, en todos y cada uno de los que comprenden una misma categoría, es el mismo siempre. Es imposible, en los estándares actuales, conseguir realizar una oftalmoscopia, por ejemplo, que no funcione por medio de un mecanismo óptico de aumento de imagen e iluminación. Aunque cambien los métodos de procesamiento de la información (sea esta basada en la experiencia del médico examinador o por medio de herramientas de procesamiento de imagen e inteligencia artificial (Hammer et al., 2006), el principio óptico de la oftalmoscopia es el mismo. Es por esto

que la mayoría de los equipos de oftalmología en el mercado cuentan con mecanismos de control muy semejantes, ya sean electrónicos o mecánicos (Purbrick et al.,2015). El resultado brindado por el especialista docente revisa que, pese a que la herramienta es realista, entretenida y complementa los temas de la clase, no contiene suficiente variedad de modelos y tipos de dispositivos. Este resultado es clave, puesto que es importante (Pusic et. al, 2015) que el estudiante usuario cuente con gran variedad de opciones y temas por aprender antes que el esfuerzo por estudiar y el interés que despierta el tema decaiga y se presente el comportamiento asintótico dentro de la curve de aprendizaje que (Pusic et. al, 2016) describe cuando el alumno alcanza un umbral de conocimiento y se limita el alcance del entorno gracias a que, por su contenido repetitivo, ya no representa una novedad.

Gracias al análisis de resultados, se entrelazan y comparan los resultados y metodologías aplicadas al desarrollo de este proyecto entre sí, permitiendo, a continuación, concluir sobre ellos, su utilidad en el contexto de desarrollo, su fiabilidad y el impacto sobre el objetivo de desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO V

En este capítulo se realiza una reflexión sobre los resultados y análisis de los mismos, enfatizando en el alcance de cumplimiento o no de los objetivos de investigación con estos. Adicionalmente, se analizan casos hipotéticos en los cuales se elabore una parte del proyecto a partir de una metodología diferente, proponiendo un cambio y un nuevo enfoque, a manera de recomendación para trabajo a futuro.

7. Conclusiones

La realidad virtual es un elemento que, en cuestiones de pedagogía y enseñanza, en especial en la situación actual, tan fuera de lo común, puede representar una revolución en cómo es el proceso de enseñanza. Hoy más que nunca, teniendo en cuenta las necesidades de un mundo contemporáneo, de un mercado competitivo y del interés de los estudiantes en implementarlos, los simuladores deben estar al alcance de todos los estudiantes y deben enfocarse en optimizar los procesos de aprendizaje de todos los niveles.

El diseño del entorno fue enfocado en la inmersión y la interacción con el espacio, siendo la similitud con la realidad algo clave dentro del proceso. Cada proceso independiente llevado a cabo se incluyó con la idea que obedeciera a factores específicos de cada uno de estos ítems, a partir de lo estudiado por (Pantelic et. al, 2017). El proceso de exploración hace parte del reconocimiento del espacio y la similitud con la realidad características propias de un espacio inmersivo; los procesos de capacitación y visualización contienen actividades, recursos y elementos didácticos que lo vuelven un entorno interactivo. Observando la valoración del docente, se puede afirmar que es la conjunción de estos tres procesos lo que permite un espacio inmersivo e interactivo el espacio y que, adicionalmente, contiene dentro de él actividades, recursos y elementos que cumplen no sólo con los objetivos basados en teorías de aprendizaje que normalmente cualquier entorno virtual contiene (Pantelić et. al, 2017), sino que permite acoplar a él distintos mecanismos y recursos característicos de las dinámicas propuestas por los modelos de aprendizaje aplicados hoy en día a los estudiantes de medicina en la universidad (Zhang, S. et. al, 2019 & Polavarapu, H. et. al, 2013).

Este proyecto tiene como finalidad brindar un entorno a los usuarios que les permita acercarse a un espacio práctico virtual y brindarle herramientas que le permitan familiarizarse y desarrollarse con objetos, términos y situaciones que formarán parte de su cotidianidad el resto de sus vidas. La inclusión de modelos anatómicos que faciliten visualizar el fondo de ojo desde perspectivas que son imposibles de lograr en la realidad y el acompañamiento de elementos pedagógicos como los mensajes sonoros explicativos facilitan la recordación y el aprendizaje sobre qué buscar en cada caso dentro y fuera de la imagen diagnóstica, recordándole al estudiante que la salud de su paciente es visible a través de muchos otros factores, como la sintomatología que se expresa por fuera del fondo de ojo, la comorbilidad o la sensaciones que exprese el paciente.

Uno de los desafíos más grandes en este tipo de desarrollos es la inmersión, la cual se logra a partir de la naturalidad del entorno, de la cercanía a las situaciones reales en los casos médicos y a las diferentes variables que el entorno tenga. La inmersión es, acorde a la teoría y la investigación en herramientas, el indicador más significativo para la curva de aprendizaje y puede mejorarse implementando elementos dentro del entorno que permiten generarle al estudiante la sensación de tener una experiencia única, personalizada y adaptable a su nivel de conocimiento.

8. Recomendaciones

Como alternativa de solución para el problema de la repetición de procesos, actividades y demás, se propone implementar, en próximos trabajos, mayor contenido didáctico interactivo. Esto, a partir de la inclusión de más modelos 3D, diferentes equipos médicos, más imágenes diagnósticas y agregar objetos 3D distractores momentáneas. Así, el límite de conocimiento se alejará y el entorno podrá ser usado por más tiempo sin llegar a la monotonía.

Como trabajo a futuro, se considera enfocarse en lograr implementar casos completos de pacientes, en donde el estudiante participe activamente en cada etapa del proceso de atención al usuario; situaciones de estrés

(llanto, rechazo al diagnóstico, entre otros) que le permitan al estudiante desarrollar el componente de resolución de problemas imprevisibles desde el simulador y la capacidad de soportar ambientes multijugadores, en donde trabajen en equipo para reforzar temas aprendidos y solucionar el caso.

Las evaluaciones cuantitativas de estos temas son poco significativas cuando se trata de la percepción de aprender debido a que el estado del arte hasta ahora no ha demostrado una relación directa entre para así el desempeño cuantitativo del estudiante (calificaciones y rendimiento en exámenes teóricos) y aplicación del conocimiento a través de la práctica. Cuando se trata de determinar el efecto del entorno desarrollado en el resultado de los cuestionarios evaluativos y las calificaciones de los estudiantes, se debe realizar un estudio enfocado en desarrollar una herramienta virtual que complemente el contenido de una materia en particular por medio del análisis continuo de las calificaciones y la percepción de aprendizaje del estudiante como un conjunto. Por esto, como trabajo a futuro, se recomienda realizara una investigación que considere la medición objetiva y subjetiva de parámetros que permitan delimitar la curva de aprendizaje del estudiante. A pesar que la literatura evidencia que la interacción social puede resultar contraproducente cuando se trata de entornos virtuales enfocados en aprendizaje, podría dar lugar a un estudio sobre la incidencia que tiene el estudio grupal y el acompañamiento del docente en entornos virtuales enfocados en medicina. Esto, acompañado de las nuevas tendencias en realidad virtual, que permiten interactuar con múltiples usuarios en un mismo entorno, podría brindar una alternativa a los espacios educación virtual convencional, fruto de las problemáticas de salud pública actuales.

REFERENCIAS

Alfawaz, A. M. (2019). Ophthalmology resident surgical training: Can we do better? *Saudi Journal of Ophthalmology: Official Journal of the Saudi Ophthalmological Society*, 33(2), 159—162. doi:10.1016/j.sjopt.2018.11.009

Araiza—Alba, P., Keane, T., Chen, W. S., & Kaufman, J. (2021). Immersive virtual reality as a tool to learn problem—solving skills. *Computers & Education*, 104121. doi:10.1016/j.compedu.2020.104121

Augestad, K. M., Butt, K., Ignjatovic, D., Keller, D. S., & Kiran, R. (2020). Video—based coaching in surgical education: A systematic review and meta—analysis. *Surgical Endoscopy*, 34(2), 521—535. doi:10.1007/s00464—019—07265—0

Basilaia, G., & Kvavadze, D. (2020). Transition to online education in schools during a SARS—CoV—2 coronavirus (COVID—19) pandemic in georgia. *Pedagogical Research*, 5, 1—9. doi:10.29333/pr/7937

Becerra, J. R. J., Peñaloza, M. E., Rodríguez, J. E., Chacón, G., Molina, J. A. M., Ortega, H. V. S., . . . Bermúdez, V. La realidad virtual como herramienta en el proceso de aprendizaje del cerebro. *Archivos Venezolanos De Farmacología Y Terapéutica*, 38(2), 98—107. Retrieved from <https://www.redalyc.org/jatsRepo/559/55964524017/html/index.html>

Castellanos, A. and C. Pérez, “New Challenge in Education: Enhancing Student’s Knowledge through Augmented Reality,” in *Augmented reality* (J.M. Ariso ed.), pp. 273, Berlin: De Gruyter, 2017. Retrieved from <http://www.doabooks.org/doab?func=fulltext&uiLanguage=en&rid=21899>.

Chen, M., & Lin, H. (2018). Virtual geographic environments (VGEs): Originating from or beyond virtual reality (VR)? *International Journal of Digital Earth*, 11(4), 329—333. doi:10.1080/17538947.2017.1419452

Descriptores en Ciencias de la Salud: DeCS [Internet]. ed. 2017. Sao Paulo (SP): BIREME / OPS / OMS. 2017 [actualizado 2017 May 18; citado 2017 Jun 13]. Disponible en: <http://decs.bvsalud.org/E/homepagee.htm>

Dalgarno, B., Lee, M. J. W., Carlson, L., Gregory, S., & Tynan, B. (2010—12—05). 3D immersive virtual worlds in higher education: An australian and new zealand scoping study. Paper presented at the 269—280. Retrieved from <http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney10/procs/Dalgarno—full.pdf>

Dawe, S. R., Pena, G. N., Windsor, J. A., Broeders, J. a. J. L., Cregan, P. C., Hewett, P. J., & Maddern, G. J. (2014). Systematic review of skills transfer after surgical simulation —based training. *BJS (British Journal of Surgery)*, 101(9), 1063—1076. doi:<https://doi.org/10.1002/bjs.9482>

Di Natale, A. F., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033.

EINSCAN. *EinScan—SP Scecs and user manual*. Disponible en: <https://www.einscan.com/desktop—3d—scanners/einscan—sp/>. Revisado el 3/01/2021.

Evenddy, S. S., Hamer, W., Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2021, February). The Development of 3D Flipbook E-Learning Module of English Mathematics Profession. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Ferrara, M., Romano, V., Steel, D. H., Gupta, R., Iovino, C., van Dijk, E. H. C., & Romano, M. R. (2020). Reshaping ophthalmology training after COVID—19 pandemic. *Eye (London)*, *34*(11), 2089—2097. doi:10.1038/s41433—020—1061—3

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. doi:10.1007/s40692—020—00169—2

Hammer, D. X., Ferguson, R. D., Ustun, T. E., Bigelow, C. E., Iftimia, N. V., & Webb, R. H. (2006). Line—scanning laser ophthalmoscope. *Journal of Biomedical Optics*, *11*(4), 041126. doi:10.1117/1.2335470

HARSHA V. POLAVARAPU, M D, AFIF N. KULAYLAT, MD, MCS, SUSIE SUN, M. D. & OSAMA HAMED, M. D. (2013). 100 years of surgical education: The past, present, and future. Retrieved from <https://bulletin.facs.org/2013/07/100—years—of—surgical—education/>

Hills, P. (2020). Digital transformation of everyday life – how COVID—19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? *International Journal of Information Management*, *26*(1), 1—2. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2005.10.001

Hoernke, K., McGrath, H., Teh, J. Q., & Salazar, O. (2020). Virtual learning innovations for continuing clinical education during COVID—19. *Medical Science Educator*, *1*, 1—2. doi:10.1007/s40670—020—01090—0

Huang, H., Liaw, S., & Lai, C. (2016). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: A case study of desktop and projection—based display systems. *Interactive Learning Environments*, *24*(1), 3—19. doi:10.1080/10494820.2013.817436

Huang, T., Yang, C., Hsieh, Y., Wang, J., & Hung, C. (2018). Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, *34*(4), 243—248. doi:10.1016/j.kjms.2018.01.009

Hudson, S., Matson-Barkat, S., Pallamin, N., & Jegou, G. (2019). With or without you? Interaction and immersion in a virtual reality experience. *Journal of Business Research*, *100*, 459-468.

Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2020). The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta—analysis. *Human Factors*, 0018720820904229. doi:10.1177/0018720820904229

Kyaw, B. M., Saxena, N., Posadzki, P., Vseteckova, J., Nikolaou, C. K., George, P. P., . . . Car, L. T. (2019). Virtual reality for health professions education: Systematic review and meta—analysis by the digital health education collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(1), e12959. doi:10.2196/12959

Marsico, C., Kimberlin, D.W. Congenital Cytomegalovirus infection: advances and challenges in diagnosis, prevention and treatment. *Ital J Pediatr* *43*, 38 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13052-017-0358-8>

Organización Mundial de la Salud, *First Vision World Report, 2018*. <https://www.who.int/es/news/item/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>

Pantelić, A., & Vukovac, D. P. (2017). The development of educational augmented reality application: a practical approach. In the 10th International Conference of Education, Research and Innovation.

Pérez Molina, E. C., & León Veitía, L. (2017). La fotografía de fondo de ojo como método de diagnóstico en el glaucoma. *Medicentro Electrónica*, 21(1), 3—10. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029—30432017000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Piromchai, P., Avery, A., Laopaiboon, M., Kennedy, G., & O'Leary, S. (2015). Virtual reality training for improving the skills needed for performing surgery of the ear, nose or throat. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9), CD010198. doi:10.1002/14651858.CD010198.pub2

Purbrick, R. M. J., & Chong, N. V. (2015). Direct ophthalmoscopy should be taught to undergraduate medical students—No. *Eye (London)*, 29(8), 990—991. doi:10.1038/eye.2015.91

Pusic, M., Boutis, K., Hatala, R., & Cook, D. (2016). Learning curves in health professions education. *Academic Medicine*, 90(8), 1034—1042. doi:10.1097/ACM.0000000000000681

Rai, A. S., Rai, A. S., Mavrikakis, E., & Lam, W. C. (2017). Teaching binocular indirect ophthalmoscopy to novice residents using an augmented reality simulator. *Canadian Journal of Ophthalmology. Journal Canadien D'Ophthalmologie*, 52(5), 430—434. doi:10.1016/j.jcjo.2017.02.015

Rodríguez, N. A., & Zurutuza, A. (2008). Ophthalmological manifestations of arterial hypertension. *Anales del sistema sanitario de Navarra*, 31 Suppl 3, 13—22. Retrieved from

Suárez, I. C. G., & Escudero, J. C. S. (2018). Holograma anatómico y funcional del globo ocular humano: Desarrollo pedagógico y tecnológico de la universidad pontificia bolivariana. *Revista Sociedad Colombiana De Oftalmología*, 0(0), 50—51. Retrieved from

Succar, T., Grigg, J., Beaver, H. A., & Lee, A. G. (2020). Advancing ophthalmology medical student education: International insights and strategies for enhanced teaching. *Survey of Ophthalmology*, *65*(2), 263—271. doi:10.1016/j.survophthal.2019.08.006

Sutcliffe, A. (2016). Designing for user experience and engagement. In *Why engagement matters* (pp. 105-126). Springer, Cham.

Tang, K. S., Cheng, D. L., Mi, E., & Greenberg, P. B. (2020). Augmented reality in medical education: A systematic review. *Canadian Medical Education Journal*, *11*(1), e81—e96. doi:10.36834/cmej.61705

Thakker, S. V., Parab, J., & Kaisare, S. (2020). Systematic research of e-learning platforms for solving challenges faced by Indian engineering students. *Asian Association of Open Universities Journal*.

Thomsen, A. S. S., Subhi, Y., Kiilgaard, J. F., la Cour, M., & Konge, L. (2015). Update on simulation—based surgical training and assessment in ophthalmology: A systematic review. *Ophthalmology*, *122*(6), 1111—1130.e1. doi:10.1016/j.ophtha.2015.02.028

Tirado, L., & Marco, J. (2019). Equivalencia de un taller de entrenamiento en oftalmoscopia directa con simulador comparado al entrenamiento con voluntario como método de enseñanza de destrezas en oftalmoscopia directa. *Universidad Privada Antenor Orrego*, Retrieved from <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4669>

Unity. *Manual de usuario RIFT v1*. Disponible en: <https://www.oculus.com/Rift/>. Revisado el 3/01/2021.

Y. Kim, H. Jeong, H. Park, J. Kim, T. Kim, & J. Kim. (2018). *Virtual—reality cataract surgery simulator using haptic sensory substitution in continuous circular capsulorhexis* doi:10.1109/EMBC.2018.8512708

Young, J. C., & Santoso, H. B. (2018, August). Preliminary study of JunoBlock: marker-based augmented reality for geometry educational tool. In International Conference on User Science and Engineering (pp. 219-230). Springer, Singapore.

Zhang, S. M., Bamakan, Q. Qu and S. Li, "Learning for Personalized Medicine: A Comprehensive Review From a Deep Learning Perspective," in IEEE Reviews in Biomedical Engineering, vol. 12, pp. 194—208, 2019, doi: 10.1109/RBME.2018.2864254.

APÉNDICES

APÉNDICE I

Condiciones de habilitación - normativa nacional

Resolución	Ubicación	Especificación
<p>4445 de 1996</p> <p>“Por el cual se dictan las normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las Instituciones Prestadoras de servicios de salud, y se dictan otras disposiciones técnicas y administrativas”</p>	<p>Artículo 32; Hoja 13</p> <p>(Obedece a las normas aplicadas a un consultorio de consulta externa)</p>	<p>“El área mínima por consultorio deberá ser de 10 [m²] (lado mínimo de 2.50[m])”</p> <p>“En el consultorio médico deberá diferenciarse el ambiente de entrevista y el de examen con el fin que el usuario cuente con la privacidad necesaria, además se instalará un lavamanos, independiente del correspondiente a la unidad sanitaria.”</p> <p>Nota: (El consultorio de oftalmología no requiere de una unidad sanitaria ya que no corresponde a un consultorio de gineco-obstetricia o urología)</p>
<p>3100 de 2019</p> <p>“Por el cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestación y Habilitación de Servicios de Salud”</p>	<p>Numeral 28.1 - 28.1.4; Página 64.</p>	<p>Consultorio donde se realiza examen físico con mínimo 10 [m²].</p> <p>28.1.1. Área para entrevista.</p> <p>28.1.2 Área de examen.</p> <p>28.1.3 Lavamanos.</p> <p>28.1.4 Las áreas están separadas entre sí por barrera física fija y móvil, con excepción de los consultorios del servicio de urgencias, optometría y oftalmología, donde no se requiere.</p> <p>Nota: El diseño del consultorio de oftalmología expuesto en el presente artículo, cuenta con una barrera fija de división entre las áreas de entrevista y examen, ya que la norma no impone su uso, se considera de utilidad.</p>

<p>1441 de 2013 “Por la cual se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios y se dictan otras disposiciones”</p>	<p>Consulta Externa Especialidades Médicas Página 33 - 35. (Obedece a las normas aplicadas a un consultorio de consulta externa de especialidades médicas)</p>	<p>Oftalmoscopio Indirecto lente 60, 78 o 90 dioptrías lente de Ruby lente de Golmann Optotipos para visión lejana con sistema de iluminación Optotipos para visión próxima con sistema de iluminación Equipo básico de refracción: oftalmoscopio directo retinoscopio cajas de pruebas o foropter reglas de esquiascopia montura de pruebas reglilla milimetrada set de prismas sueltos queratómetro lensómetro Caja de pruebas de lentes de contacto Reglilla diamétrica Transiluminador o linterna Tonómetro Optotipos para estereopsis Test para valoración de visión cromática Lente de contacto de Goldman de tres espejos Set instrumental para retirar puntos y aplicar inyecciones subconjuntivales y lavado de vías lagrimales</p> <p>Lámpara de hendidura Campímetro</p>
--	--	---

APÉNDICE II

Formato de Encuesta

A2.1. Formato de selección de equipos y metodologías.

APÉNDICE III

Especificaciones técnicas de EINScan-SP y Oculus Rift

A3.1. EinScan-SP

MODO DE ESCANEO	Escaneo fijo	Escaneo Automático
Modo de alineación	Características/Marcadores/Manual	Rotación, Marcadores, Manual
Precisión de captura individual	≤ 0.05 mm	
Volumen mínimo de escaneo	$30 \times 30 \times 30$ mm	
Volumen máximo de escaneo	$1200 \times 1200 \times 1200$ mm	$200 \times 200 \times 200$ mm
Rango de captura individual	200×150 mm	
Velocidad de escaneo	< 4 s	
Distancia focal (mínima)	0.17 mm ~ 0.2 mm	
Textura	Sí	
Formato de archivos	OBJ, STL, ASC, PLY	
Resolución	1.3 Mega Pixeles	
Tipo de luz	Blanca	
Distancia de escaneo (mínima)	$290 \sim 480$ mm	
Software recomendado	OS Win7, Win8, Win10 (64 bit); CPU: Dual-core i5; RAM: 8 G	
Hardware recomendado	Tarjeta gráfica: Nvidia series (GTX 660 or higher) Memoria gráfica > 2G; RAM: 16 G	
Weight (unpacked)	4.2 kg	
Dimensiones	$570 \times 210 \times 210$ mm	
Potencia	40 w	
Voltaje de entrada	DC : 12 v, 3.33 A	
Superficie de giro	Superficie con marcadores	
Capacidad de carga de superficie de giro	5 kg	

A3.2. Oculus Rift

PANTALLA	LCD, 2560 x 1440 píxeles en total
Refresh rate	80 MHz
Procesador	Qualcomm Snapdragon 835
RAM	4 GB
Batería	Litio / 2-3 horas de juego aprox.
Grados de libertad	6, tracking de Oculus Insight
Tacking	Cabeza y cuello
Peso	470 g
Accesorios	Controles inalámbricos
	Cable USB tipo C 5m
Requisitos	PC con Windows 10, NVIDIA GTX 1060, 8GB de RAM, USB 3.0

APÉNDICE IV

Normas de uso libre (Fair Use) de objetos 3D de plataformas online

A4.1 Política de Copyright de Unity *idioma original*

“2.1 Non-Restricted Assets. The following concerns only Assets that are not Restricted Assets: **Licensor grants to the END-USER a non-exclusive, worldwide, and perpetual license to the Asset to integrate it only as incorporated and embedded components of electronic applications and digital media and distribute such electronic application and digital media;** reproduction and display in distributed physical advertising materials is permitted solely for marketing purposes in respect of such electronic applications or digital media”.

Fuente: Asset Store Terms of Service and End User License Agreement (EULA) -

https://unity3d.com/legal/as_terms

A4.2. Políticas de Free License de CGTrader *idioma original*

“Royalty Free License

Royalty Free License allows you to use the product without the need to pay royalties or other license fees for multiple uses, per volume sold, or some time period of use or sales. Products published with this licence may not be sold, given, or assigned to another person or entity in the form it is downloaded from the site, but can be used in your commercial projects multiple times after paying for it just once.

This is, however, a non-exclusive license and the product remains the property of a seller for further distribution. Please, refer to legally binding General Terms and Conditions to learn more about Royalty Free License, other types of licenses and general rules applicable to all products”.

Fuente: CGTrader: General Terms and Conditions - Royalty free license.

<https://www.cgtrader.com/pages/terms-and-conditions#royalty-free-license>

APÉNDICE V

En el siguiente enlace, se puede visualizar el manual de usuario diseñado para el correcto uso del entorno de simulación.

[Manual de usuario entorno virtual.](#)

APÉNDICE VI

Comparativa de planes de estudio de especialización en oftalmología de Bucaramanga y su área metropolitana

COMPARATIVA ENTRE PLANES DE ESTUDIO UIS - UNAB		
Año	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
	UNIDAD I - OPTOMETRÍA	
Primer año	Ciencias Básicas Y Optometría	Optometría clínica I
		Fundamentos de óptica y refracción
		Sistema Visual y Locomotor
Segundo año	N/A	Optometría clínica II
		Optometría clínica III
Año	UNIDAD II - SEGMENTO ANTERIOR	
Primer año	Segmento Anterior I	Segmento anterior I
Segundo año	Segmento Anterior II	N/A
Tercer Año	N/A	Segmento anterior II
Año	UNIDAD III - SEGMENTO POSTERIOR	
Primer año	Retina y Vítreo I	Retina y vítreo I
Segundo año	Retina y Vítreo II	N/A
Tercer Año	Retina Y Vítreo III	Retina y vítreo II
Año	UNIDAD IV - SINTOMATOLOGÍA	
Primer año	Oncología Ocular y Oculoplástica I	Semiología Ocular
		Educación médica
		Investigación en salud
		Epidemiología clínica
Segundo año	N/A	Oculoplástica I
Tercer Año	Oncología Ocular y Oculoplástica II	Oculoplástica II
Año	UNIDAD V - GLAUCOMA	
Primer año	N/A	Glaucoma I
Segundo año	Glaucoma I	N/A
Tercer Año	N/A	Glaucoma II
Cuarto año	Glaucoma II	N/A
Año	UNIDAD VI - SALUD COMUNITARIA	
Primer año	Unidad Móvil Oftalmológica	Salud ocular comunitaria I
Segundo año	N/A	Salud ocular comunitaria II
Año	UNIDAD VII - OFTALMOLOGÍA PEDIÁTRICA	
Segundo año	N/A	Oftalmología pediátrica I
Tercer Año	Oftalmología Pediátrica Y Estrabismo I	N/A
Cuarto año	Oftalmología Pediátrica y Estrabismo II - Neurooftalmología	Oftalmología pediátrica II
Año	UNIDAD VIII - CIRUGÍA REFRACTIVA	
Segundo año	N/A	Cirugía refractiva I
Tercer Año	Cirugía Refractiva y Catarata	N/A
Cuarto año	N/A	Cirugía refractiva II
Año	UNIDAD IX - INVESTIGACIÓN MÉDICA	
Primer año	Investigación I	N/A
Segundo año	Investigación II	Proyecto y producción científica I
Tercer Año	Investigación III	Proyecto y producción científica II
Cuarto año	Trabajo De Grado	Proyecto y producción científica III
		Proyecto y producción científica IV
Año	UNIDAD X - ROTACIÓN ESPECIAL	
Cuarto año	Rotación Especial o Fellow	Electiva I - Especialización en oftalmología
		Electiva II - Especialización en oftalmología

APÉNDICE VII

Inventario de objetos del entorno 3D

<i>INVENTARIO DE OBJETOS EN ENTORNO DE SIMULACIÓN</i>					
Descripción	Cant.	UBICACIÓN			
		E1	E2	E3	E4
Oftalmoscopio directo	1	x	x	x	x
Oftalmoscopio digital directo	1	x	x	x	x
Oftalmoscopio Indirecto	1	x	x	x	x
lente 60, 78 o 90 dioptrías	1	x	x		
Optotipos para visión lejana con sistema de iluminación	1	x	x		
Optotipos para visión próxima con sistema de iluminación	1	x	x		
Retinoscopio	1	x	x		
Foropter	1	x	x		
Montura de pruebas	1	x	x		
Caja de pruebas de lentes de contacto	1	x	x		
Reglilla diamétrica	1	x	x		
Tonómetro	1	x	x		
Optotipos para estereopsis	1	x			
Test para valoración de visión cromática	1	x			
Lente de contacto de Goldman de tres espejos	1	x			
Set instrumental para retirar puntos y aplicar inyecciones subconjuntivales y lavado de vías lagrimales	1	x			
Lámpara de hendidura	1	x	x		
Campímetro	1	x			
Lapiceros	2	x	x		
Canecas de basura	4	x	x		
Mesas	2	x	x		
Cuadros de decoración	3	x	x		
Sillas de oficina	2	x	x		
Tablet	1	x	x		

Computador	1	x	x		
Separadores de espacio	1	x	x		
Folletos informativos	6	x	x		
Medicamentos	8	x	x		
Planos geométricos	3	x	x	x	x
Muros	6	x	x		
Piso y paredes	2	x	x		
Fotografías: retinitis CMV	4			x	x
Fotografías: retinopatía diabética	6			x	x

APÉNDICE VIII

Contenido pedagógico

Guión para audios

1. Glaucoma.

- Un factor de riesgo es la edad. Se recomiendan chequeos constantes a los mayores de 60 años, a personas con antecedentes familiares de glaucoma, hipertensión ocular, miopía, alta hipermetropía y otras enfermedades oculares.
- Recomiendan mayor control a aquellas personas que hayan sufrido traumatismos oculares o tengan el ángulo estrecho. Generalmente, el glaucoma avanza sin ofrecer síntomas evidentes hasta que ha afectado la capacidad visual de manera significativa.
- En la oftalmoscopia, para reconocer indicadores de glaucoma en el fondo del ojo, debes enfocarte en evaluar el color y el aspecto del nervio óptico. Si no logras reconocer la estructura y la forma debido a una gran cantidad de luz reflejada en él, seguramente, es una muestra de glaucoma.
- Fíjate ahora en el anillo neural: ¿cómo luce? ¿puedes reconocer algún signo de daño, ya sea por hinchazón o falta de irrigación? Puedes hacer esto también con la región peripapilar
- Fíjate en la presencia de hemorragias en esta imagen diagnóstica. Es un indicador importante del aumento de presión en el globo ocular y, por lo tanto, un indicador para el diagnóstico del glaucoma.

2. Diabetes e hipertensión.

- La diabetes tipo 2 puede afectar a la visión de no tratarse a tiempo y generar retinopatías diabéticas. Está totalmente comprobado que la retinopatía diabética se asocia a hiperglucemia mantenida, diabetes de larga evolución y mal control metabólico de la glucemia.
- La retinopatía diabética (RD) es la principal causa de pérdida visual no recuperable en los países industrializados en pacientes entre los 20 y 64 años de edad.
- Intenta encontrar lugares en donde se hayan formado microaneurismas, obstrucción de capilares y/o arteriolas retinianas. Cualquiera de estos indicadores es clave para detectar una RD.
- Busca, también, alteraciones en la barrera hematorretiniana, proliferación de neovasos y tejido fibroso, contracción del vítreo y hemorragia
- Es la complicación vascular más frecuente en un diabético, por lo que en el examen de oftalmoscopia debes buscar indicadores en cualquier parte de la superficie de la retina.

- Intenta encontrar lugares en donde se hayan formado microaneurismas, obstrucción de capilares y/o arteriolas retinianas. Cualquiera de estos indicadores es clave para detectar una RD.
- Busca, también, alteraciones en la barrera hematorretiniana, proliferación de neovasos y tejido fibroso, contracción del vítreo y hemorragia

3. Hipertensión.

- Cuando la presión arterial está por fuera de los rangos normales se producen micro lesiones en la retina, coroides y nervio óptico, con lo cual es posible desencadenar la pérdida visual severa a partir de la retinopatía hipertensiva.
- La mejor manera de determinar si este es un posible diagnóstico es encontrar cruces arteriovenosos, exudados duros y algodinosos, los cuales son los signos principales de la retinopatía hipertensiva.

4. Retinitis por citomegalovirus.

- La retinitis por citomegalovirus (retinitis por CMV) es una infección ocular viral grave que se produce en la retina. La retina es la capa nerviosa que recubre la parte posterior del ojo y detecta la luz. Se presenta con mayor frecuencia en personas con sistema inmunológico debilitado.
- Uno de los factores de diagnóstico más comunes son las lesiones blanquecinas de bordes irregulares en los vasos sanguíneos, con hemorragias leves asociadas. Aunque pueden presentarse en toda la superficie de la retina, se encuentran principalmente alrededor de la fovea.
- Existen dos tipos de lesiones: fulminantes e indolentes, según la presencia de hemorragias o edemas debido a las mismas.

5. Desprendimiento de retina

- El desprendimiento de retina es fácilmente diferenciable en una imagen diagnóstica. Puedes notarlo como una mancha en la superficie de la retina de color blanquecino y opaco. Según su intensidad y el tamaño de la mancha, se clasifica como desprendimiento parcial o total.
- Esta patología genera el deterioro de la agudeza visual, la aparición manchas, líneas, luces intermitentes, destellos o sombras en el campo visual.
- La probabilidad de encontrar esta patología es más grande cuando se trata de pacientes miopes, que han tenido cirugía de cataratas o glaucoma, toma medicamentos para el glaucoma, tuvo una lesión ocular grave, un desgarro o desprendimiento de retina en el otro ojo y/o tiene parientes que han tenido un desprendimiento de retina.

6. Desprendimiento coroideo

- Los desprendimientos coroideos se pueden clasificar como “serosos”, cuando llenos de líquido, o “hemorrágicos”, cuando están llenos de sangre.
- Cuando ocurre un desprendimiento coroideo, es posible que los pacientes no sientan nada en absoluto, o bien pueden sentir dolor e irritación.
- En algunos casos, un desprendimiento coroideo puede provocar un dolor más intenso. A menudo, la visión también es borrosa.
- El grado de borrosidad puede variar y suele relacionarse con otros problemas oculares que pueden acompañar un desprendimiento coroideo, como una cirugía reciente o presión ocular alta o baja (presión intraocular).

7. Estafiloma posterior

- El Estafiloma posterior (EP) es un rasgo distintivo de los pacientes con alta miopía y consiste en el adelgazamiento y expansión gradual del área de protrusión de la pared ocular posterior.
- El desarrollo de un EP se asocia a varios tipos de lesiones como: atrofia coriorretiniana, rupturas de la membrana de Bruch (estrías de laca), neovascularización coroidea (NVC), retinosquiasis macular y agujero macular (AM). Estas lesiones, por su localización tienen una importante repercusión en la visión del paciente.

8. Melanoma de coroides

- El melanoma de coroides es un tumor maligno que crece en la coroides. Sin embargo, al tratarse de un tumor maligno tras el tratamiento es necesario hacer un seguimiento personalizado durante años para controlar la evolución de la enfermedad.

- El melanoma de coroides puede no producir síntomas en fases iniciales. En algunos casos, produce síntomas variados, siendo los más habituales: Disminución de agudeza visual, Percepción de "moscas volantes" y Percepción de "destellos de luz".

9. Oclusión de Vena Central Retiniana

- La oclusión de la vena central de la retina es desorden vascular retiniano con complicaciones potenciales que pueden conducir a la ceguera.
- Es bastante distintiva gracias a su clásica apariencia de edema del nervio óptico y de la retina, dilatación y tortuosidad venosa asociadas a la presencia de hemorragias retinianas radiales al nervio óptico que se extienden hacia la periferia en todos los cuadrantes.
- Es común encontrarla en pacientes con glaucoma, diabetes, enfermedades cardiovasculares y enfermedades vasculares periféricas.