



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

CARRERA DE INGENIERIA DE SOFTWARE

TÍTULO

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ENTORNO VR PARA LA
DEMOSTRACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIO DE
FÍSICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO DE SOFTWARE**

AUTOR: BRYAN DAVID GUARTATANGA LOYOLA

DIRECTOR: ING. ORLANDO ALVAREZ LLAMOZA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA,
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

CARRERA DE INGENIERIA DE SOFTWARE

TÍTULO

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ENTORNO VR PARA LA
DEMOSTRACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIO DE
FÍSICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO DE SOFTWARE**

AUTOR: BRYAN DAVID GUARTATANGA LOYOLA

DIRECTOR: ING. ORLANDO ALVAREZ LLAMOZA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Bryan David Guartatanga Loyola portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0106559248**. Declaro ser el autor de la obra: **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ENTORNO VR PARA LA DEMOSTRACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **15 de Octubre de 2023**

F: 

Bryan David Guartatanga Loyola

C.I. 0106559248

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Bryan David Guartatanga Loyola, bajo mi supervisión.



ING. ORLANDO ALVAREZ LLAMOZA

DEDICATORIA

A mis padres

A mis padres Ruth Loyola y Giovanni Guartatanga les agradezco por todo el apoyo incondicional que me han dado, por todos los sacrificios que han hecho para yo poder estar donde estoy, por todo el esfuerzo que han hecho y aun así nunca se han molestado en ningún momento en seguirme apoyando día tras día en esta etapa de mi vida durante mi carrera profesional, siempre les agradeceré por hacer de mí una mejor persona y tener unos valores bien plantados en mí, brindándome comprensión, sabiduría y más que todo cariño, espero siempre estén a mi lado para que se enorgullezcan de su hijo que sigue consiguiendo las metas que se propone y siempre han sido una fuente de inspiración para yo poder seguir motivándome a ser una mejor persona día tras día, con todo el cariño del mundo este logro es especialmente para que ustedes estén orgullosos de su hijo los amo mucho.

A mis hermanos Andrés y Renato que ya son profesionales, han sido un gran apoyo en los malos momentos para mí, cuando me eh desviado de mi camino, ellos siempre fueron un buen ejemplo y gracias a ellos por todo el apoyo incondicional que me han dado estoy aquí cumpliendo mis metas.

A mi familia

A toda mi familia gracias por todo el cariño que me han dado, ha sido de gran ayuda para yo mantenerme firme con mis estudios y poder seguir adelante con mis metas.

A mi enamorada Jennifer por ayudarme con las falencias que tenía y apoyarme siempre que en yo mejore como persona y siga adelante con todo lo que me proponga.

Gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Comenzaré agradeciendo a Dios por darme la oportunidad de estar aquí cumpliendo todas mis metas, por siempre estar en mi camino y guiarme siempre por el bien y gracias por la familia que me brindaste.

Agradezco a mis compañeros, por todo el tiempo que hemos pasado aquí en la Universidad, ya sea risas, estrés, etc. Todo eso nos ha servido para estar aquí finalizando una nueva etapa de nuestras vidas, hemos sido un gran grupo de clase y espero volvernos a ver en la vida profesional cada uno cumpliendo nuestras metas.

Agradezco al estimado Ing. Orlando Álvarez, Tutor de Tesis, por apoyarme este gran proyecto y por haberme dado los mejores consejos para poder culminar con satisfacción la tesis.

Agradezco a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, por la paciencia y todos sus conocimientos. A la Universidad, por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución, y ser un miembro más en esta gran familia que es la Universidad Católica de Cuenca.

RESUMEN

El presente trabajo plantea la creación de un laboratorio virtual de física, el cual abarca dos experimentos basados en el contenido de la asignatura mecánica de la carrera de Software. La aplicación se ejecuta mediante una computadora personal y se puede visualizar de dos formas: a través de la pantalla del computador o mediante el dispositivo Oculus de realidad virtual. Se realizó en primera instancia una revisión de las herramientas tecnológicas disponibles para el desarrollo de la aplicación. El motor elegido para la implementación del laboratorio de física virtual fue Unity 3D de la empresa *Unity Technologies*. Para la codificación del comportamiento de los objetos, sujetos a las leyes físicas de la naturaleza, se elaboraron scripts en lenguaje C#, empleando el entorno de desarrollo integrado Visual Studio de *Microsoft*. Se implementaron dos experimentos: caída libre y colisiones; no obstante, se deja la estructura inicial para desarrollar otras prácticas virtuales como movimiento en un plano inclinado, lanzamiento de proyectiles, y conservación de la energía, entre otros.

Palabras clave: *Laboratorio Virtual, Unity3d, Oculus*

ABSTRACT

The present work proposes the creation of a virtual physics laboratory, which includes two experiments based on the content of the Mechanical subject of the Software major. The application runs on a personal computer and can be viewed in two ways: through the computer screen or the Oculus virtual reality device. The first step was to review the technological tools available to develop the application. The engine chosen for implementing the virtual physics laboratory was Unity 3D from the company *Unity Technologies*. Scripts were developed in C# language, using Microsoft Visual Studio integrated development environment to code the behavior of the objects subject to the physical laws of nature. Two experiments were implemented: free fall and collisions; however, the initial structure is left to develop other virtual practices such as motion in an inclined plane, projectile launching, and energy conservation, among others.

Keywords: *Virtual Lab, Unity3D, Oculus*

Índice de contenido

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
Índice de contenido.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
2.1 Problemática de la Investigación.....	1
2.1.1 Contextualización.....	1
2.2 Objetivos.....	4
a) Objetivo general.....	4
b) Objetivos específicos.....	4
2.3 Justificación.....	5
2.4 Alcance.....	6
CAPÍTULO 2.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Realidad Virtual (RV) y su aplicación en la educación.....	9
2.1.1 Definición y características de la Realidad Virtual.....	10
2.1.2 Tecnologías y dispositivos utilizados en entornos de RV.....	11
2.1.3 Aplicaciones de la Realidad Virtual en diversos campos educativos.....	11
2.1.4 Beneficios y desafíos de la implementación de la RV en la educación.....	12
2.2 Importancia de la experimentación en la enseñanza de la física.....	13
2.2.1 Papel de la experimentación en el proceso de aprendizaje de la física.....	13
2.2.2 Ventajas de la experimentación en la comprensión de conceptos físicos.....	14
2.2.3 Limitaciones y desafíos de los laboratorios físicos en la enseñanza de la física.....	14
2.3 Beneficios de la utilización de la Realidad Virtual en la enseñanza de la física..	15
2.3.1 Mayor interactividad y participación de los estudiantes.....	15
2.3.2 Simulación de experimentos complejos y peligrosos.....	16
2.3.3 Visualización tridimensional inmersiva y comprensión de conceptos abstractos.....	16
2.3.4 Acceso a recursos educativos globales y colaboración entre estudiantes.....	17

2.3.5 Desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas.....	17
2.3.6 Mejora de la motivación y el compromiso de los estudiantes.....	17
2.4 Consideraciones pedagógicas en la integración de la Realidad Virtual en la enseñanza de la física.....	18
2.4.1 Diseño instruccional y secuenciación de actividades en entornos de RV.....	18
2.4.2 Evaluación de los aprendizajes y la efectividad de la RV en la física	18
2.4.3 Adaptación de la RV a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades educativas.....	19
2.4.4 Formación docente y apoyo en la implementación de la RV en el aula de física	19
2.5 Investigación de herramientas para el proyecto.....	20
2.5.1 Plataformas de desarrollo de RV.....	20
2.5.2 Dispositivos de visualización	23
2.5.3 Evaluación del software y recursos necesarios	24
CAPÍTULO 3	26
METODOLOGÍA.....	26
3.1 Investigación de las herramientas para el proyecto	26
3.1.1 Mejores prácticas y herramientas.....	26
3.2 Desarrollo y aporte de las herramientas seleccionadas.....	27
3.2.1 Unity.....	28
3.2.2 Visual Studio.....	30
3.2.3 Sweet Home 3D	32
3.3 Estudio y selección de los experimentos de física.....	33
3.3.1 Revisión de fuentes	33
3.3.2 Viabilidad técnica.....	35
3.3.3 Seguridad.....	37
3.3.4 Necesidad de revisión con docentes y expertos	38
3.3 Diseño y preparación de los experimentos para la simulación en R.....	38
3.3.1 Definición de objetivos	38
3.3.2 Diseño de escenarios	38
3.3.3 Creación de Modelos 3D en Sweet Home 3D.....	39
3.3.4 Integración de Modelos en Unity	40
3.3.5 Programación y Funcionalidad VR.....	41
3.3.6 Pruebas y Ajustes	42

3.3.7 Validación y Evaluación	43
3.3.8 Optimización para Diferentes Plataformas VR.....	43
3.3.9 Documentación y Manuales de Usuario.....	43
CAPÍTULO 4	44
CREACIÓN DEL LABORATORIO VIRTUAL.....	44
4.1 Arquitectura del Sistema.....	44
4.1.1 Importancia y partes de la Arquitectura del Sistema.....	45
4.1.2 Diseño Estructurado	45
4.1.3 Comunicación y colaboración	45
4.1.4 Mantenibilidad y escalabilidad.....	45
4.1.5 Reutilización de componentes.....	46
4.1.6 Calidad y rendimiento	46
4.2 Arquitectura del laboratorio	46
4.3 Construcción y modelado del laboratorio	49
4.4 Modelado y texturización del laboratorio	52
4.5 Integración de modelos 3d y estructuras dentro del entorno de desarrollo y construcción del entorno virtual	55
4.6 Codificación de acciones y controladores	57
4.6.1 Codificación de movimiento del personaje	58
4.6.2 Codificación de los botones que usaran para los experimentos	62
4.7 Creación de los experimentos seleccionados	63
4.7.1 Codificación para el experimento de choque de colisiones elásticos e inelásticos	63
4.7.2 Codificación para el experimento de caída libre	67
CAPÍTULO 5	71
RESULTADOS DEL PROYECTO	71
5.1 Análisis de resultados	71
5.2 Investigación Documental y Fundamentos Teóricos.....	71
5.3 Prácticas de laboratorios virtuales	72
2.4. Modelado 3D y Experiencia de Usuario	72
2.5. Guía de Uso del Entorno Virtual de Experimentos de Física en Realidad Virtual	72
5.5.1 Exploración del Laboratorio.....	75
2.6. Experimento de Caída Libre: Resultados y Detalles.....	75

5.6.1 Análisis de las Fórmulas Utilizadas en el Experimento de Caída Libre y su Aplicación en Unity	76
5.6.2 Formulas utilizadas	77
2.7. Experimento de Choque de Colisiones: Resultados y Detalles.....	79
5.7.1 Análisis de los Resultados del Experimento de Choque de Colisiones y su Implementación en Unity	80
5.7.2 Fórmulas y Conceptos Clave.....	81
5.7.2 Aplicación en Unity y el Código Proporcionado	83
CAPITULO 6 CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS	93
ANEXO	98

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo, se introduce el tema central de la investigación: "Diseño y desarrollo de un entorno VR para la demostración de experimentos de laboratorio de física para la carrera de ingeniería de software." Este proyecto se enfoca en el ámbito interdisciplinario que combina la física, la informática y la educación, buscando abordar un desafío importante en la formación de futuros ingenieros de software.

1.1 Tema de Investigación

Diseño y desarrollo de un entorno VR para la demostración de experimentos de laboratorio de física

2.1 Problemática de la Investigación

2.1.1 Contextualización

La ciencia física ha desempeñado un papel fundamental en el avance y el mejoramiento de la humanidad, siendo una de las disciplinas científicas que más ha aportado en este sentido. A través de su estudio se ha logrado explicar y entender diversos fenómenos de la naturaleza y, mediante las aplicaciones basadas en sus leyes y fundamentos se han desarrollado innumerables tecnologías que han mejorado la calidad de vida de la sociedad. Algunos autores [1][2][3][4][5] se preocupan principalmente por formular iniciativas para que los estudiantes puedan orientar su aprendizaje hacia la comprensión de los fenómenos físicos en sí mismo, más que del desarrollo matemático al que normalmente están expuestos. Desafortunadamente, debido a la carencia de

laboratorios en muchas instituciones de educación, los estudiantes de física presentan deficiencias en la comprensión conceptual.

Adicionalmente, la comprensión teórica se dificulta especialmente cuando no tienen las bases matemáticas adecuadas. Lo anterior conduce a problemas en el aprendizaje y al aumento de la repitencia (deserción estudiantil en algunos casos) con la necesidad de duplicar esfuerzos y recursos. Asimismo, se ha demostrado que la enseñanza de la física sigue siendo conductual [6], donde los profesores se centran en la teoría programada de la clase mediante la realización de ejercicios con lápiz y papel, dejando de lado la comprensión práctica del fenómeno.

La preocupación por la alta tasa de estudiantes que abandonan o fracasan en los cursos introductorios de física en instituciones de educación superior es un tema que ha captado la atención de investigadores de diversas instituciones tanto a nivel nacional como internacional. El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramienta de aprendizaje auxiliar en el proceso de enseñanza y aprendizaje ha tenido un gran impacto debido a la democratización generalizada. Los avances en electrónica, mecánica e informática han llevado al uso de pequeños dispositivos informáticos, como tabletas y teléfonos inteligentes, que sirven para múltiples propósitos al jugar y ejecutar aplicaciones diferentes [7].

Un número cada vez mayor de instituciones educativas están integrando la realidad virtual (VR) en sus métodos de enseñanza en sus cursos de ciencias de laboratorio. Sin embargo, existe cierto debate sobre el uso de un laboratorio físico o virtual, ya que las investigaciones han demostrado que el primero

proporciona un entorno activo de formación e investigación, mientras que el segundo proporciona prácticas seguras y repetibles y experiencias atractivas. La tecnología de realidad virtual (VR) se ha aplicado con éxito y el impacto de los laboratorios virtuales en la física es útil para estudiar el impacto del rápido avance de la tecnología de la información en la física. Por lo tanto, utilice el efecto ficticio [8].

La ejecución de experimentos de laboratorio desempeña un papel fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física. Estas clases prácticas tienen como objetivo principal brindar a los estudiantes una amplia y completa experiencia experimental, introduciéndolos al trabajo de laboratorio, además de servir como una forma de visualizar y aplicar los conceptos teóricos estudiados en las clases tradicionales. Por lo tanto, enseñar física y actividades de laboratorio puede aumentar el interés de los estudiantes en los temas del salón de clases y ayudarlos a aprender. Las universidades rara vez realizan experimentos prácticos debido a la falta de laboratorios o equipo de laboratorio. Sin embargo, debido a los últimos avances en la tecnología de la información, estos experimentos se pueden realizar. Si bien la totalidad de las aplicaciones de realidad virtual convencionales son de naturaleza audiovisual, la evolución es constante de estas tecnologías que nos permite proporcionar contenido de realidad virtual multisensorial enriquecido, que puede aumentar aún más el potencial de la realidad virtual aplicada [9].

Por esta razón es importante implementar nuevas formas de reactivar e incentivar a las personas nuevamente a probar estos experimentos y de esta

manera tengan un mejor conocimiento de la materia y se interesen más por la misma.

2.2Objetivos

a) Objetivo general

Desarrollar un ambiente virtual, empleando métodos de modelado en tres dimensiones, con el propósito de simular actividades prácticas de laboratorio relacionadas con la asignatura de mecánica.

b) Objetivos específicos

- Realizar una investigación documental sobre el avance tecnológico y las herramientas para el desarrollo de entornos virtuales aplicados a los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Realizar una investigación documental sobre las prácticas de laboratorio relacionadas con la física: fundamentos teóricos, materiales y equipos, técnicas experimentales, etc.
- Desarrollar un entorno virtual a modo de laboratorio de física con prácticas y actividades interactivas, utilizando métodos y técnicas ágiles de modelado de objetos y componentes 3D.
- Diseñar al menos 2 prácticas o experimentos virtuales para la asignatura de Mecánica de la carrera de Software de la Unidad Académica de Ciencias de la Computación e Innovación Tecnológica de la Universidad Católica De Cuenca.
- Redactar una guía para las prácticas de laboratorio diseñadas.

2.3 Justificación

Los laboratorios de física brindan un entorno ideal para estudiar física, realizar experimentos y desarrollar técnicas experimentales sólidas, pero los laboratorios de hoy en día también se han convertido en algo más que aulas "prácticas". Los profesores utilizan ahora laboratorios de física modernos para enseñar conceptos científicos, analizar datos y explorar aplicaciones prácticas de la física en la vida cotidiana, Si bien los laboratorios de física todavía están presentes en las universidades, no son tan comunes como solían ser. Muchas universidades ya se han adaptado a los tiempos cambiantes asegurándose de que el plan de estudios de sus clases no solo sea de naturaleza teórica sino también práctica y brinde a los estudiantes la oportunidad de realizar experimentos prácticos mientras estudian diversos temas relacionados con la física.

La situación en las universidades de nuestro país, a veces por las instalaciones limitadas, las horas limitadas del plan de estudio de la materia, o porque los laboratorios no están calificados para realizar proyectos o realizar experimentos de física, el razonamiento lógico ha resultado en que la mayoría de los estudiantes no comprendan correctamente la materia hasta el punto de tener que volver a aprender y retomar nuevamente la materia o abandonar por completo la carrera, lo que ha llevado a la exploración de opciones que ayuden a los estudiantes a entender estos métodos de una manera más observaría, es decir mediante videos, experimentos en la web, etc.

El objetivo es que este conocimiento llegue a los estudiantes como una alternativa a la falta de laboratorios de física. Por ello, se pretende dar un nuevo

impulso utilizando un entorno virtual para realizar experimentos en ausencia de un laboratorio físico y de esta manera incentivar a los estudiantes que se interesen más por la materia y logren salir adelante con lo aprendido mediante esta herramienta

2.4 Alcance

Se creará un laboratorio virtual que abarque dos experimentos de la asignatura mecánica para el mejor entendimiento de la materia el cual conste de guías para el desarrollo del experimento que se realizará y este funcionará de dos maneras para el uso de su aplicación, mediante la computadora y la ayuda del Oculus. Para el avance del proyecto se realizará una investigación de las herramientas esenciales para su realización, los recursos tecnológicos que van a ayudar a la creación de este proyecto, una computadora de calidad media, Oculus y la guía para la realización de los experimentos.

El motor para la realización de la aplicación va a ser el Unity 3D para la creación del laboratorio virtual y el Visual Studio para su programación del movimiento de los objetos que se encuentran dentro del mismo. Dentro de los experimentos que tenemos planteado crear, hemos hecho una lista del cual consta de 5 tentativas para su realización del cual escogeremos dos, estos son:

- Movimiento en un inclinado.
- Movimiento uniformemente acelerado.
- Colisiones.
- Lanzamiento de proyectiles.

- Caída libre.

En base al estudio que realicemos mediante Unity Utilizaremos todas sus herramientas para la elaboración visual del proyecto y mediante código realizaremos los movimientos y reacciones de los experimentos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, el proceso de aprendizaje está experimentando una transformación constante, impulsada por los avances tecnológicos que han redefinido la interacción de los estudiantes con los contenidos y la adquisición de conocimientos. Este marco teórico se sumerge en las teorías del aprendizaje, especialmente aquellas relacionadas con el aprendizaje activo y experiencial, que son esenciales para comprender cómo se desarrollarán las prácticas virtuales de laboratorio. Además, se explora la convergencia de la educación y la tecnología, con un enfoque en la realidad virtual como herramienta pedagógica. Finalmente, se profundiza en los principios esenciales de la física, abordando los conceptos que los estudiantes deben comprender y aplicar en las prácticas virtuales diseñadas. Este marco teórico sienta las bases para la creación de un entorno virtual educativo que no solo aborda las limitaciones de los laboratorios físicos, sino que también busca enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en el campo de la física.

El avance tecnológico y la creciente demanda de una educación accesible y efectiva han llevado a la exploración de nuevas formas de enseñanza y aprendizaje en diversos campos académicos. En particular, en el ámbito de la física, donde la comprensión de los fenómenos naturales desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, surge la necesidad de superar las limitaciones tradicionales de los laboratorios físicos.

Los laboratorios de física, si bien son esenciales para adquirir una comprensión práctica de los conceptos, a menudo se enfrentan a desafíos como instalaciones limitadas, restricciones de tiempo y, en ocasiones, la falta de equipos adecuados. Esto ha llevado a la preocupación por la comprensión conceptual de los estudiantes y a altas tasas de deserción en cursos introductorios de física.

Esta investigación representa un paso hacia la democratización del acceso a la educación en física y la promoción de un aprendizaje más efectivo y atractivo en el campo de las ciencias.

2.1 Realidad Virtual (RV) y su aplicación en la educación

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología que proporciona una experiencia inmersiva y simulada de un entorno tridimensional generado por computadora. Se define como un sistema de visualización y manipulación de información generada por computadora que sintetiza la apariencia sensorial de la presencia física en entornos generados por computadora (Skarbez et al., 2021).

En un ambiente de RV, los usuarios pueden interactuar con objetos y entidades virtuales de manera parecida a como lo harían en el mundo real. Los dispositivos empleados en la RV, como los cascos de realidad virtual y los controladores de movimiento, permiten a los usuarios sumergirse en un ambiente virtual y tener una experiencia sensorial inmersiva, esto da un sinnúmero de utilidades en el campo de la educación, ya que se puede crear entornos específicos con una experiencia enriquecedora para los alumnos.

2.1.1 Definición y características de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología que ofrece una experiencia envolvente y simulada de un ambiente de tres dimensiones creado por computadora. De acuerdo con Milgram y Kishino, la RV se describe como "un sistema para visualizar y manipular información generada por computadora que reproduce la apariencia sensorial de estar físicamente presente en ambientes creados por computadora" (Skarbez et al. , 2021).

La Realidad Virtual (RV) son un conjunto de técnicas que permite crear un entorno simulado e interactivo, generado por computadora, que envuelve al usuario y le permite tener una experiencia inmersiva en un mundo virtual. Según Sherman y Craig (2003), la RV se define como "una forma de interacción humana-computadora que permite al usuario verse inmerso e interactuar con un entorno computacional tridimensional, generado por software".

Características de la Realidad Virtual

a) Inmersión

La RV proporciona una experiencia inmersiva al usuario, en la cual se siente completamente inmerso en el entorno virtual. Por medio de dispositivos como gafas de realidad virtual y controladores de movimiento, el usuario puede explorar e interactuar con objetos y escenarios virtuales de manera casi realista.

b) Interactividad

La interacción es una característica fundamental de la RV. Los usuarios pueden interactuar con los elementos del entorno virtual, ya sea mediante gestos, movimientos o incluso comandos de voz. Esto permite una participación activa y una sensación de control sobre el entorno virtual, lo que contribuye a una experiencia más inmersiva y enriquecedora.

2.1.2 Tecnologías y dispositivos utilizados en entornos de RV

Para crear ambientes de RV, se utilizan diversas tecnologías y dispositivos. Los auriculares de realidad virtual, como Oculus Rift, HTC Vive y PlayStation VR, son dispositivos que se sitúan en la cabeza del estudiante y ofrecen una experiencia visual y auditiva inmersiva al mostrar imágenes estereoscópicas en una pantalla y proporcionar sonido especializado.

Además de los auriculares, se utilizan controladores de movimiento que permiten a los usuarios interactuar con el entorno virtual y manipular objetos virtuales. Estos controladores rastrean los movimientos de las manos y proporcionan retroalimentación táctil para una experiencia más realista.

También se emplean sensores de seguimiento de posición para rastrear los movimientos del cuerpo y permitir que los usuarios se desplacen dentro del entorno virtual. Estos sensores pueden ser cámaras o dispositivos de rastreo por infrarrojos que capturan los movimientos del usuario y los traducen en acciones dentro del entorno virtual.

2.1.3 Aplicaciones de la Realidad Virtual en diversos campos educativos

La RV ha encontrado aplicaciones en diversos campos educativos, incluida en la formación de la física. En el ámbito educativo, la RV se utiliza para crear simulaciones de laboratorio virtual que permiten a los estudiantes realizar experimentos y observar fenómenos físicos de manera interactiva.

Además de la enseñanza de la física, la RV se aplica en la educación médica, la formación profesional, la arquitectura, el diseño, la psicología y muchos otros campos. En cada uno de estos campos, la RV ofrece experiencias prácticas y realistas que mejoran el aprendizaje y permiten a los estudiantes practicar habilidades en un entorno seguro y controlado.

2.1.4 Beneficios y desafíos de la implementación de la RV en la educación

La implementación de la RV en la educación conlleva una serie de beneficios. En primer lugar, la RV proporciona una práctica de aprendizaje inmersiva y altamente participativa que puede desarrollar la motivación y el compromiso de los estudiantes (Santos et al., 2020). Al permitir que los estudiantes interactúen con objetos y fenómenos virtuales, la RV mejora la comprensión de conceptos abstractos y facilita el aprendizaje significativo.

La simulación de experimentos complejos y peligrosos es otro beneficio importante de la RV en la enseñanza de la física. Los estudiantes pueden realizar experimentos que serían difíciles o costosos de llevar a cabo en un laboratorio físico, lo que les brinda la oportunidad de estudiar una extensa gama de escenarios y desarrollar habilidades prácticas.

Además, la RV ofrece acceso a recursos educativos globales y fomenta la colaboración entre estudiantes de diferentes ubicaciones geográficas. Esto

amplía las oportunidades de aprendizaje y promueve el intercambio de conocimientos entre estudiantes de diversas culturas y contextos (Wang et al., 2019).

Sin embargo, la implementación de la RV en la educación también presenta desafíos. Entre ellos se incluyen el costo de los equipos y tecnologías de RV, la necesidad de capacitación docente para utilizar eficazmente estas herramientas y la adaptación de los contenidos educativos existentes al entorno virtual. También se requiere un diseño cuidadoso de las experiencias de RV para garantizar que se alineen con los objetivos de aprendizaje y se apropien a las necesidades de los estudiantes.

2.2 Importancia de la experimentación en la enseñanza de la física

2.2.1 Papel de la experimentación en el proceso de aprendizaje de la física

La experimentación desempeña un papel fundamental en el proceso de aprendizaje de la asignatura. Por medio de la experimentación, los estudiantes tienen la ventaja de explorar y descubrir los principios y leyes físicas por sí mismos. Les permite aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas, lo que fortalece su comprensión y les ayuda a construir un conocimiento más profundo de la materia.

La experimentación en física también fomenta el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades científicas, como la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos, la recopilación y el análisis de datos, y la interpretación de resultados. Por medio de estas actividades, los estudiantes aprenden a

investigar y resolver problemas, desarrollando así habilidades transferibles que les serán útiles en otros campos de estudio y en su vida cotidiana.

2.2.2 Ventajas de la experimentación en la comprensión de conceptos físicos

La experimentación proporciona ventajas significativas en la comprensión de conceptos físicos. Al realizar experimentos, los estudiantes tienen la oportunidad de ver en acción los principios y leyes físicas, lo que les permite visualizar cómo funcionan y cómo se relacionan con el mundo real. Esto promueve una comprensión más profunda y duradera de los conceptos, ya que se basa en la experiencia directa y en la evidencia empírica.

Además, la experimentación permite a los alumnos hacer errores y aprender de ellos. A través del proceso de prueba y error, los estudiantes pueden identificar y corregir sus malentendidos, lo que contribuye a un aprendizaje más sólido y a una mejora en la capacidad de resolución de problemas. Asimismo, la experimentación fomenta la curiosidad y el espíritu de investigación, ya que los estudiantes pueden explorar diferentes variables y escenarios para obtener conclusiones basadas en evidencia.

2.2.3 Limitaciones y desafíos de los laboratorios físicos en la enseñanza de la física

A pesar de las ventajas de los laboratorios físicos en la enseñanza de la física, también existen limitaciones y desafíos asociados. Uno de los desafíos es el costo y la disponibilidad de los materiales y equipos que se necesitan para realizar experimentos en un entorno físico. Estos recursos pueden ser limitados,

lo que dificulta proporcionar a todos los estudiantes la oportunidad de experimentar de manera práctica.

Además, los laboratorios físicos tienen limitaciones en términos de seguridad y viabilidad de realizar ciertos experimentos peligrosos o costosos. Algunos fenómenos físicos pueden ser difíciles de observar o medir con precisión en un entorno de laboratorio convencional. Estas limitaciones pueden restringir la variedad y la complejidad de los experimentos que los estudiantes pueden realizar, limitando así su experiencia y comprensión.

Por otro lado, la supervisión y el tiempo requerido en los laboratorios físicos también pueden ser un desafío para los docentes. El monitoreo y la asistencia individualizada a cada estudiante pueden resultar complicados en un entorno de laboratorio, especialmente cuando hay una gran cantidad de estudiantes.

2.3 Beneficios de la utilización de la Realidad Virtual en la enseñanza de la física

La Realidad Virtual (RV) ha demostrado ser una herramienta poderosa en la enseñanza de la física, brindando una serie de beneficios a los estudiantes. A continuación, se detallan algunos de ellos:

2.3.1 Mayor interactividad y participación de los estudiantes

La utilización de la RV en la enseñanza de la física fomenta una mayor interactividad y participación de los alumnos en semejante con los métodos tradicionales de enseñanza. Según un estudio realizado por Chen et al. (2017), la RV ofrece una experiencia inmersiva que permite a los estudiantes "aprender

haciendo" y explorar conceptos físicos de forma activa. Esto promueve un mayor compromiso y participación, ya que los estudiantes pueden interactuar directamente con los objetos virtuales y experimentar los fenómenos físicos de primera mano.

2.3.2 Simulación de experimentos complejos y peligrosos

La RV proporciona la capacidad de simular experimentos complejos y peligrosos que serían difíciles de realizar en un entorno físico. Según un estudio realizado por Ke et al. (2018), la RV permite a los estudiantes realizar experimentos en entornos virtuales sin preocuparse por los posibles riesgos asociados. Esto les brinda la oportunidad de explorar y comprender fenómenos físicos difíciles de observar o de replicar en un laboratorio convencional. Además, la simulación de experimentos peligrosos en la RV permite a los estudiantes tener errores y aprender de ellos sin consecuencias negativas.

2.3.3 Visualización tridimensional inmersiva y comprensión de conceptos abstractos

La RV ofrece una visualización tridimensional inmersiva que facilita la comprensión de conceptos físicos abstractos. Según una investigación realizada por Akçayır (2017), la visualización en 3D proporcionada por la RV permite a los estudiantes visualizar y manipular objetos virtuales en un entorno tridimensional. Esto les ayuda a comprender mejor conceptos abstractos y abstractos de la física, como el movimiento de partículas o las fuerzas invisibles. Además, la RV puede representar de manera efectiva fenómenos físicos que son difíciles de visualizar en un entorno tradicional, como la relatividad o la mecánica cuántica.

2.3.4 Acceso a recursos educativos globales y colaboración entre estudiantes

La RV brinda a los estudiantes acceso a recursos educativos globales y facilita la colaboración entre estudiantes. Según un estudio realizado por Chen et al. (2019), la RV permite a los estudiantes acceder a entornos virtuales que contienen una amplia gama de recursos educativos, como modelos virtuales, simulaciones interactivas y conferencias virtuales. Esto les permite explorar diferentes fuentes de información y acceder a contenido educativo actualizado y relevante de diversas fuentes. Además, la RV también facilita la colaboración entre estudiantes, ya que pueden interactuar y trabajar juntos en un entorno virtual compartido, incluso si se encuentran en ubicaciones geográficas diferentes.

2.3.5 Desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas

La utilización de la RV en la enseñanza de la física promueve el desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas. Según una investigación realizada por Huang et al. (2020), la RV permite a los estudiantes practicar y aplicar conceptos físicos en entornos virtuales realistas. Esto les brinda la oportunidad de experimentar y resolver problemas de manera práctica, lo que contribuye al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Además, la RV ofrece retroalimentación inmediata y personalizada, lo que permite a los estudiantes corregir sus errores y mejorar su desempeño.

2.3.6 Mejora de la motivación y el compromiso de los estudiantes

La utilización de la RV en la enseñanza de la física ha demostrado mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Según un estudio realizado por Lee et al. (2018), la experiencia inmersiva y emocionante proporcionada por la RV atrae el interés de los estudiantes y los motiva a participar activamente en el proceso de aprendizaje. Además, la RV puede personalizarse para adaptarse a los intereses y estilos de aprendizaje de los estudiantes, lo que aumenta su compromiso y satisfacción con el material educativo.

2.4 Consideraciones pedagógicas en la integración de la Realidad Virtual en la enseñanza de la física

La integración de la Realidad Virtual (RV) en la enseñanza de la física requiere tener en cuenta diversas consideraciones pedagógicas. A continuación, se detallan algunos aspectos importantes:

2.4.1 Diseño instruccional y secuenciación de actividades en entornos de RV

El diseño instruccional y la secuenciación de actividades en entornos de RV son fundamentales para maximizar el aprendizaje de los estudiantes. Según un estudio realizado por Bacca et al. (2014), es necesario diseñar actividades que permitan a los estudiantes interactuar de manera significativa con los conceptos físicos y que promuevan una exploración activa del entorno virtual. Además, es importante secuenciar las actividades de manera progresiva, comenzando por conceptos más simples y avanzando hacia conceptos más complejos, para facilitar el proceso de aprendizaje.

2.4.2 Evaluación de los aprendizajes y la efectividad de la RV en la física

La evaluación de los aprendizajes y la efectividad de la RV en la enseñanza de la física es crucial para garantizar la calidad educativa. Según un estudio realizado por Sánchez et al. (2017), es necesario utilizar métodos de evaluación adecuados para medir el impacto de la RV en el aprendizaje de los estudiantes y compararlo con otros enfoques educativos. Esto puede incluir la utilización de pruebas, cuestionarios y observaciones para evaluar la comprensión de los conceptos físicos, así como la recopilación de retroalimentación de los estudiantes sobre su experiencia con la RV.

2.4.3 Adaptación de la RV a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades educativas

La RV debe adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades educativas para asegurar la inclusión y la equidad. Según una investigación realizada por Pellas (2017), es importante considerar las preferencias de aprendizaje de los estudiantes y ofrecer diferentes modalidades de interacción en los entornos virtuales, como opciones visuales, auditivas y táctiles. Además, es necesario tener en cuenta las necesidades especiales de los estudiantes, como aquellos con discapacidades visuales o auditivas, y garantizar que puedan acceder y participar plenamente en las experiencias de RV.

2.4.4 Formación docente y apoyo en la implementación de la RV en el aula de física

La formación docente y el apoyo son fundamentales para una implementación exitosa de la RV en el aula de física. Según un estudio realizado por Barroso et al. (2019), los docentes deben recibir capacitación en el uso de la RV y en la creación de experiencias de aprendizaje efectivas en entornos

virtuales. Esto implica proporcionarles conocimientos técnicos sobre el funcionamiento de la RV, así como estrategias pedagógicas para integrarla de manera efectiva en sus clases. Además, es necesario ofrecer apoyo continuo a los docentes durante la implementación, brindándoles recursos y asesoramiento para abordar posibles desafíos y maximizar el potencial educativo de la RV.

2.5 Investigación de herramientas para el proyecto

En la etapa de investigación de herramientas, se realiza un exhaustivo análisis de las diferentes opciones disponibles para el desarrollo del entorno de Realidad Virtual (RV) destinado a la demostración de experimentos de laboratorio de física. Se busca identificar las herramientas más adecuadas que permitan crear una experiencia inmersiva y educativa para los estudiantes.

2.5.1 Plataformas de desarrollo de RV

Para llevar a cabo esta investigación, se examinan diversas plataformas de desarrollo de RV, tales como Unity, Unreal Engine y Oculus SDK. Cada plataforma ofrece características y funcionalidades específicas, por lo que es necesario evaluar sus capacidades en términos de creación de entornos virtuales, interacción con objetos y modelos 3D, integración de elementos de física y simulación, así como compatibilidad con los dispositivos de visualización y seguimiento de movimiento. Según Skarbez, Brooks y Whitton (2021), estas plataformas ofrecen características y funcionalidades específicas, por lo que es necesario evaluar sus capacidades en términos de creación de entornos virtuales, interacción con objetos y modelos 3D, integración de elementos de física y simulación, así como compatibilidad con los dispositivos de visualización y seguimiento de movimiento.

a) Unity

Según Chen y Wang (2017), Unity es una plataforma de desarrollo de juegos y aplicaciones en 3D ampliamente utilizada que también se ha convertido en una opción popular para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual.

Unity se utiliza ampliamente para crear entornos de RV. Ofrece una amplia gama de herramientas y recursos para la creación de gráficos 3D, animaciones, física y simulación, así como la implementación de interacciones y controles intuitivos. Unity permite desarrollar experiencias de RV inmersivas y de alta calidad, con la ventaja de contar con una amplia comunidad de desarrolladores y una gran cantidad de tutoriales y documentación disponible. Proporciona un entorno de desarrollo completo que permite la creación de entornos virtuales interactivos, con la integración de elementos de física y simulación, y la compatibilidad con una amplia gama de dispositivos de visualización y seguimiento de movimiento.

b) Unreal Engine

Según Bainbridge et al. (2015), Unreal Engine es una plataforma de desarrollo de juegos y simulación ampliamente utilizada que también se ha convertido en una opción popular para la creación de experiencias de realidad virtual. Unreal Engine ofrece potentes herramientas y características para la creación de entornos virtuales inmersivos, la implementación de interacciones realistas, la incorporación de elementos de física y simulación, y la compatibilidad con varios dispositivos de realidad virtual.

Unreal Engine se destaca por su potente motor gráfico y su capacidad para crear entornos de RV de alta fidelidad visual. Proporciona herramientas

avanzadas para la creación de gráficos en tiempo real, física precisa y simulación de partículas. Unreal Engine es reconocido por su capacidad para generar experiencias de RV altamente realistas y envolventes.

c) Oculus SDK

Según Sherman y Craig (2018), Oculus SDK (Software Development Kit) es una plataforma de desarrollo específica para los dispositivos de realidad virtual de Oculus. Proporciona una amplia gama de herramientas y recursos para el desarrollo de aplicaciones de RV, incluyendo el seguimiento de movimiento, la representación de entornos virtuales y la interacción con objetos 3D. Su enfoque en la optimización del rendimiento y la experiencia del usuario hace de Oculus SDK una opción popular entre los desarrolladores de aplicaciones de RV.

Oculus SDK se enfoca en la compatibilidad con los dispositivos Oculus, como Oculus Rift y Oculus Quest. Proporciona un conjunto de herramientas y recursos especializados para crear experiencias de RV optimizadas para estos dispositivos. Oculus SDK ofrece soporte para seguimiento de movimiento, interacción táctil y audio espacial, lo que permite una inmersión aún mayor en los entornos virtuales.

d) Evaluación

Al investigar estas plataformas de desarrollo de RV, es necesario evaluar sus capacidades y funcionalidades específicas en relación con los objetivos del proyecto. Se deben considerar aspectos como la facilidad de uso, la compatibilidad con los dispositivos de RV seleccionados para el proyecto, las capacidades de simulación y física, así como el soporte y la documentación proporcionados por la comunidad de desarrolladores.

2.5.2 Dispositivos de visualización

Además de las plataformas de desarrollo, se investigan los dispositivos de visualización disponibles en el mercado, como gafas de RV, sistemas de proyección y pantallas táctiles. Se evalúa la calidad de la experiencia visual, la inmersión ofrecida y la facilidad de uso de cada dispositivo. Asimismo, se analizan los sistemas de seguimiento de movimiento, como controladores y sensores, que permiten a los usuarios interactuar con el entorno virtual de manera natural y precisa.

a) Gafas de realidad virtual

Según Slater y Wilbur (2017), las gafas de realidad virtual, como Oculus Rift y HTC Vive, son algunos de los dispositivos más populares y ampliamente utilizados en la actualidad. Estos dispositivos ofrecen una experiencia inmersiva y envolvente, con pantallas de alta resolución que proporcionan una visualización nítida y realista del entorno virtual. Además, están equipados con sistemas de seguimiento de movimiento que permiten a los usuarios moverse y interactuar con objetos virtuales de manera natural.

b) Sistemas de proyección

Por otro lado, en un estudio realizado por Bogner et al. (2019), se menciona que los sistemas de proyección, como el CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), también son utilizados en entornos de realidad virtual para crear experiencias inmersivas. Estos sistemas utilizan múltiples proyectores y pantallas para crear una visualización 3D en una sala o habitación, lo que permite una mayor libertad de movimiento y colaboración entre los usuarios.

c) Dispositivos de seguimiento de movimiento

En cuanto a los dispositivos de seguimiento de movimiento, se han considerado los controladores de mano, como los ofrecidos por Oculus Touch y Valve Index, que permiten la interacción precisa con los objetos virtuales. Según Chen et al. (2018), estos controladores están equipados con sensores de movimiento y botones que brindan retroalimentación háptica, lo que mejora la sensación de presencia y realismo en el entorno virtual.

2.5.3 Evaluación del software y recursos necesarios

En esta etapa, también se busca identificar y evaluar los software y recursos necesarios para la creación del laboratorio virtual de física. Esto puede incluir software de modelado y animación en 3D, bibliotecas de física y simulación, así como recursos educativos digitales relacionados con la física. Se investigan herramientas y recursos disponibles en línea, así como proyectos y estudios previos que hayan utilizado RV en la enseñanza de la física.

a) Software de modelado y animación en 3D

Según Chen et al. (2018), existen diversos softwares de modelado y animación en 3D ampliamente utilizados en la industria de la realidad virtual, como Autodesk Maya y Blender. Estas herramientas permiten crear objetos y entornos virtuales detallados y realistas, lo que contribuye a una experiencia inmersiva para los estudiantes. Además, se han investigado bibliotecas de física y simulación, como PhysX y Bullet Physics, que proporcionan al entorno virtual las características físicas necesarias para simular con precisión los experimentos de física.

b) Recursos educativos digitales

En cuanto a los recursos educativos digitales relacionadas con la física, se ha consultado el trabajo de Dede (2017), quien señala que existen plataformas y repositorios en línea, como PhET Interactive Simulations, que ofrecen una amplia gama de simulaciones interactivas y recursos educativos basados en la física. Estos recursos pueden ser utilizados para complementar la simulación en RV y brindar a los estudiantes un acceso adicional a información y práctica relacionada con los conceptos físicos.

c) Proyectos y estudios previos

Asimismo, se han analizado proyectos y estudios previos que han utilizado la realidad virtual en la enseñanza de la física. Por ejemplo, en un estudio realizado por Cuevas et al. (2019), se utilizó la realidad virtual para simular experimentos de óptica, demostrando que esta tecnología puede mejorar la comprensión de los conceptos físicos y aumentar la motivación de los estudiantes. Estos proyectos y estudios previos han servido como referencias y guías para la selección de software y recursos más adecuados para el proyecto.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

El Capítulo 3 se enfoca en la metodología utilizada para el diseño y desarrollo del entorno de Realidad Virtual (RV) destinado a la demostración de experimentos de laboratorio de física. Se describen las etapas de investigación, estudio y diseño necesarias para llevar a cabo el proyecto.

3.1 Investigación de las herramientas para el proyecto

3.1.1 Mejores prácticas y herramientas

Al realizar esta investigación exhaustiva, se pueden identificar las mejores prácticas y las herramientas más adecuadas para el proyecto. Es importante tener en cuenta que la tecnología de RV está en constante evolución, por lo que es necesario estar al tanto de las últimas tendencias y avances en el campo. Asimismo, se deben considerar factores como el presupuesto disponible y las limitaciones técnicas para tomar decisiones informadas sobre las herramientas a utilizar.

Según Li et al. (2019), es fundamental mantenerse actualizado sobre las últimas tendencias y avances en la tecnología de realidad virtual. Esto se debe a que la RV es un campo en constante evolución, con nuevas herramientas y tecnologías emergentes que pueden mejorar la experiencia de los usuarios. Mantenerse informado sobre las mejores prácticas en el uso de RV en la educación y la física puede garantizar la implementación efectiva de esta tecnología.

En términos de selección de herramientas, es importante considerar el presupuesto disponible y las limitaciones técnicas del proyecto. En un estudio realizado por Cai et al. (2018), se destaca la importancia de evaluar las características y funcionalidades de las diferentes herramientas de desarrollo de RV, así como su costo y requisitos de hardware. La elección de las herramientas adecuadas debe basarse en un equilibrio entre la calidad y la viabilidad técnica del proyecto.

Además, se ha consultado el trabajo de Li et al. (2020), quienes destacan la importancia de considerar la facilidad de uso y la compatibilidad con los dispositivos de visualización y seguimiento de movimiento al seleccionar las herramientas para el proyecto de RV. Estos aspectos aseguran una experiencia inmersiva y una interacción natural con el entorno virtual.

Es necesario tener en cuenta que, al realizar la investigación exhaustiva, es necesario mantenerse actualizado sobre las últimas tendencias en la tecnología de realidad virtual, considerar el presupuesto disponible y las limitaciones técnicas, y evaluar las características y funcionalidades de las herramientas disponibles para garantizar la implementación exitosa del proyecto.

3.2 Desarrollo y aporte de las herramientas seleccionadas

La selección adecuada de herramientas para el diseño y desarrollo de un laboratorio de realidad virtual es un elemento crítico en la materialización de este proyecto de investigación. En esta sección, exploraremos en detalle las diferentes herramientas que han sido objeto de estudio y análisis exhaustivo. Cada una de estas herramientas aporta una serie de ventajas y capacidades

únicas que, en conjunto, nos permitirán crear un entorno virtual educativo eficaz y atractivo para la enseñanza de la física.

A lo largo de esta sección, abordaremos de manera individual cada una de las herramientas seleccionadas, proporcionando una visión clara de sus características, capacidades y limitaciones. Además, explicaremos cómo planeamos utilizar estas herramientas en el diseño y desarrollo del laboratorio de realidad virtual, destacando su relevancia en la consecución de los objetivos de este proyecto. Cada elección se basa en un análisis detallado de las necesidades específicas de la simulación de actividades de laboratorio de física, garantizando así que el entorno virtual sea una herramienta efectiva para mejorar la comprensión conceptual y el interés de los estudiantes en esta disciplina.

3.2.1 Unity

Según Chen y Wang (2017), Unity es una plataforma de desarrollo de juegos y aplicaciones en 3D ampliamente utilizada que también se ha convertido en una opción popular para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual.

Unity se utiliza ampliamente para crear entornos de RV. Ofrece una amplia gama de herramientas y recursos para la creación de gráficos 3D, animaciones, física y simulación, así como la implementación de interacciones y controles intuitivos. Unity permite desarrollar experiencias de RV inmersivas y de alta calidad, con la ventaja de contar con una amplia comunidad de desarrolladores y una gran cantidad de tutoriales y documentación disponible. Proporciona un entorno de desarrollo completo que permite la creación de entornos virtuales interactivos, con la integración de elementos de física y simulación, y la compatibilidad con una amplia gama de dispositivos de visualización y seguimiento de movimiento.

La elección de Unity como la plataforma principal para el desarrollo del laboratorio de realidad virtual en lugar de Unreal Engine se basa en una serie de ventajas y diferencias clave que hacen que Unity sea la opción más adecuada para alcanzar los objetivos de este proyecto.

1. **Facilidad de uso y aprendizaje:** Unity es conocido por su interfaz de usuario amigable y su curva de aprendizaje relativamente suave. Esto es esencial, ya que facilita que el equipo de desarrollo se adapte rápidamente y se concentre en la implementación efectiva de las prácticas de laboratorio virtuales en lugar de lidiar con una curva de aprendizaje más pronunciada.
2. **Amplia comunidad y recursos de aprendizaje:** Unity cuenta con una comunidad activa de desarrolladores y una abundancia de recursos de aprendizaje, tutoriales y documentación en línea. Esto proporciona un valioso respaldo para el proyecto, permitiendo el acceso a soluciones y resolución de problemas de manera eficiente.
3. **Versatilidad y adaptabilidad:** Unity es altamente versátil y puede utilizarse para desarrollar aplicaciones en una variedad de plataformas, incluyendo PC, dispositivos móviles y realidad virtual. Esto asegura que la solución resultante sea accesible para una amplia audiencia de estudiantes.
4. **Compatibilidad con dispositivos de realidad virtual:** Unity es compatible con una amplia gama de dispositivos de realidad virtual, lo que facilita la creación de un laboratorio de realidad virtual que pueda ser utilizado en diferentes configuraciones de hardware, desde auriculares de

gama alta hasta dispositivos más asequibles.

5. **Rendimiento optimizado:** Unity ofrece un rendimiento sólido y una capacidad de optimización que es esencial para garantizar una experiencia de usuario fluida y libre de problemas en el entorno de realidad virtual.
6. **Licenciamiento asequible:** Aunque ambas plataformas tienen modelos de licenciamiento, Unity ofrece opciones más asequibles y accesibles para proyectos de investigación académica, lo que se alinea con los recursos disponibles para este proyecto específico.

3.2.2 Visual Studio

La elección de Visual Studio como el entorno de desarrollo para la codificación en Unity se fundamenta en una sinergia efectiva entre estas dos herramientas, cada una aportando su propia fortaleza para el desarrollo exitoso de los experimentos de laboratorio virtual.

1. **Complementariedad en el entorno de desarrollo:** Visual Studio es una poderosa plataforma de desarrollo que ofrece un conjunto completo de herramientas para escribir, depurar y administrar el código de manera eficiente. Al integrar Visual Studio con Unity, se crea un entorno de desarrollo enriquecido que facilita la creación y modificación de scripts y códigos relacionados con la interacción y funcionalidad de los experimentos de laboratorio virtual. Esta integración permite un flujo de trabajo suave y sin fisuras entre el diseño visual de Unity y la programación, lo que es esencial para la implementación exitosa de las prácticas de laboratorio.

2. **Soporte para múltiples lenguajes de programación:** Visual Studio admite varios lenguajes de programación, incluyendo C# y JavaScript, que son ampliamente utilizados en el desarrollo de Unity. Esto proporciona flexibilidad a los desarrolladores para utilizar el lenguaje que mejor se adapte a las necesidades de cada experimento y permite la reutilización de código en proyectos futuros.
3. **Herramientas de depuración y análisis avanzadas:** Visual Studio ofrece potentes herramientas de depuración que simplifican la identificación y resolución de problemas en el código. Esta capacidad es esencial para garantizar que los experimentos de laboratorio virtual funcionen sin problemas y proporcionen una experiencia de usuario sin interrupciones.
4. **Integración de control de versiones:** La integración de Visual Studio con sistemas de control de versiones como Git facilita la colaboración entre miembros del equipo de desarrollo y permite un seguimiento eficiente de las modificaciones realizadas en el código. Esto es crucial en un proyecto de esta envergadura, donde múltiples aspectos del laboratorio virtual deben mantenerse actualizados y en sincronización.
5. **Amplia comunidad de desarrollo:** Visual Studio cuenta con una gran comunidad de desarrolladores y una amplia base de usuarios, lo que significa que hay una abundancia de recursos, complementos y soluciones disponibles en línea. Esto facilita la resolución de problemas y la implementación de características adicionales en el laboratorio virtual.

3.2.3 Sweet Home 3D

Sweet Home 3D es una herramienta de diseño de interiores que ofrece un enfoque intuitivo y visual para crear representaciones tridimensionales de espacios interiores, incluyendo la disposición de paredes, muebles y decoración. La elección de Sweet Home 3D para este proyecto se basa en su capacidad para crear modelos de ambientes de manera rápida y sencilla, lo que es fundamental para el diseño de los experimentos de laboratorio virtual.

Diseño de Paredes y Espacios: Sweet Home 3D permite a los diseñadores crear la estructura básica de los espacios interiores definiendo las dimensiones y ubicaciones de las paredes. Esto resulta especialmente útil en el contexto de un laboratorio de realidad virtual, ya que se pueden recrear con precisión las dimensiones y la disposición de un laboratorio físico, proporcionando una experiencia de usuario más auténtica.

Colocación de Muebles y Objetos: Sweet Home 3D ofrece una biblioteca de muebles y objetos predefinidos que pueden ser arrastrados y soltados en el diseño del espacio. Esta característica facilita enormemente la creación de escenarios realistas y funcionales para los experimentos de laboratorio virtual. Además, la herramienta permite personalizar los objetos o muebles según las necesidades específicas del proyecto.

Exportación a Unity: La compatibilidad entre Sweet Home 3D y Unity se logra mediante la exportación de los diseños creados en Sweet Home 3D a formatos compatibles con Unity, como el formato OBJ. Una vez exportados, los modelos 3D de las paredes, muebles y objetos pueden ser importados directamente a Unity y utilizados en la creación del entorno de laboratorio virtual.

Facilitación de la Creación de Contenido: Utilizar Sweet Home 3D para diseñar las estructuras y muebles del laboratorio virtual acelera significativamente el proceso de desarrollo en Unity. Esto permite al equipo de desarrollo centrarse en la programación y la funcionalidad de los experimentos en lugar de invertir tiempo en la creación manual de modelos 3D.

Aprovechamiento de Recursos Existentes: La herramienta también ofrece la ventaja de aprovechar su amplia biblioteca de objetos y muebles preexistentes, lo que ahorra tiempo y esfuerzo en la creación de contenido personalizado. Esto es particularmente útil cuando se busca recrear un laboratorio de física con detalles realistas.

3.3 Estudio y selección de los experimentos de física

En esta etapa, se lleva a cabo un estudio minucioso y detallado de los experimentos de física que serán adaptados y simulados en el entorno de Realidad Virtual (RV). El objetivo es seleccionar aquellos experimentos que sean relevantes para los conceptos clave de la física y que brinden una experiencia educativa significativa para los estudiantes.

3.3.1 Revisión de fuentes

Para comenzar, se realiza una exhaustiva revisión de fuentes académicas, libros de texto y recursos educativos relacionados con la física. Se busca identificar experimentos clásicos y fundamentales que han demostrado ser eficaces para enseñar conceptos físicos importantes. Además, se examinan investigaciones y estudios previos que hayan utilizado RV en la enseñanza de la física para obtener ideas y recomendaciones sobre los experimentos más adecuados.

Durante la etapa de revisión de fuentes, se llevó a cabo un exhaustivo análisis de diversas fuentes académicas y educativas relacionadas con la física y la utilización de la realidad virtual (RV) en la enseñanza. Estas fuentes incluyen:

a) Artículos científicos

Se consultan revistas científicas especializadas en educación, física y tecnología educativa para obtener información sobre investigaciones y estudios previos sobre la utilización de la RV en la enseñanza de la física. Se analizan los métodos, los resultados y las conclusiones obtenidas en estos estudios para identificar prácticas efectivas y recomendaciones para el diseño de experimentos virtuales. En donde se procedió a realizar la búsqueda en bases de datos académicas como PubMed, IEEE Xplore o Google Scholar utilizando palabras clave como "realidad virtual en la enseñanza de la física" para encontrar estudios y artículos científicos relevantes.

b) Libros de texto

Se revisan libros de texto utilizados en la enseñanza de la física para identificar experimentos clásicos y fundamentales que han sido ampliamente utilizados y que se consideran relevantes para la comprensión de los conceptos físicos clave. Estos libros de texto proporcionan una base teórica sólida y pueden servir como referencia para el diseño y la adaptación de experimentos en el entorno de RV. Entre los libros de texto reconocidos sobre física para la educación secundaria y universitaria. Algunos libros que se utilizaron son "Física para ciencias e ingeniería" de Serway y Jewett, o "Fundamentals of Physics" de Halliday, Resnick y Walker.

c) Recursos educativos digitales

Se investigan recursos educativos digitales disponibles en línea, como plataformas de aprendizaje en línea y repositorios de contenido educativo. Estos recursos pueden ofrecer experimentos virtuales preexistentes o proporcionar ideas y sugerencias para el diseño de nuevos experimentos. Se examinan los comentarios y las evaluaciones de los usuarios para evaluar la calidad y la efectividad de estos recursos. Para lo cual se ha explorado plataformas en línea como PhET Interactive Simulations (phet.colorado.edu) y la Virtual Laboratory Library de la American Association of Physics Teachers (www.aapt.org/Resources/virtual_labs.cfm), que ofrecen experimentos virtuales y recursos educativos relacionados con la física

d) Conferencias y simposios

Se revisan las actas de conferencias y simposios relacionados con la física y la RV para obtener información sobre las investigaciones y los proyectos presentados en estos eventos. Estas fuentes ofrecen una visión actualizada de los avances y las tendencias en la integración de la RV en la enseñanza de la física y pueden proporcionar ideas innovadoras para el diseño de experimentos virtuales. Para este trabajo se ha revisado el Congreso Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad o la Conferencia Internacional de Realidad Virtual en la Educación para acceder a las actas y las presentaciones realizadas en dichos eventos.

3.3.2 Viabilidad técnica

Durante este proceso de selección, se consideran diversos factores. En primer lugar, se evalúa la viabilidad técnica de simular cada experimento en el entorno de RV. Se analiza si es posible recrear los elementos físicos y las

interacciones relevantes de manera realista dentro del entorno virtual. Además, se examina la capacidad de la RV para proporcionar una representación visual y auditiva adecuada de los fenómenos físicos que se estudian en cada experimento.

a) Viabilidad técnica de la simulación de experimentos

Al evaluar la viabilidad técnica de la simulación de experimentos en el entorno de RV, es importante considerar las capacidades y limitaciones de la tecnología. Según un estudio realizado por Sánchez et al. (2019), se destaca la importancia de garantizar una representación precisa y realista de los fenómenos físicos en el entorno virtual. Esto implica replicar las propiedades y comportamientos físicos de los objetos, así como las interacciones entre ellos.

b) Recreación de elementos físicos

En relación con la recreación de elementos físicos, Hernández et al. (2020) mencionan que la simulación de la física en entornos virtuales requiere un modelado preciso de las leyes y principios físicos involucrados. Esto implica la implementación de algoritmos y cálculos matemáticos que permitan simular las fuerzas, el movimiento y otras propiedades físicas con precisión.

c) Representación visual y auditiva

En cuanto a la representación visual y auditiva, Liu et al. (2018) señalan la importancia de utilizar gráficos y efectos de sonido realistas para mejorar la inmersión y la comprensión de los fenómenos físicos simulados. Esto implica el uso de técnicas de renderizado avanzadas, como sombreado y texturizado, así

como la implementación de sonidos y efectos de sonido adecuados para proporcionar una experiencia multisensorial convincente.

La viabilidad técnica de simular experimentos en el entorno de RV implica garantizar una representación precisa de los elementos físicos y las interacciones relevantes, así como la implementación de gráficos y efectos de sonido realistas para mejorar la experiencia inmersiva. Estos aspectos son fundamentales para lograr una simulación efectiva y educativa de los fenómenos físicos en la enseñanza de la física.

3.3.3 Seguridad

Otro aspecto importante es la seguridad. Se evalúa si los experimentos seleccionados pueden llevarse a cabo de manera segura en un entorno virtual, evitando posibles riesgos o peligros para los estudiantes. En caso de que ciertos experimentos sean demasiado peligrosos o no sean adecuados para ser simulados en RV, se considera la posibilidad de adaptarlos o reemplazarlos por alternativas más seguras y viables.

Además, se busca garantizar que los experimentos seleccionados proporcionen una comprensión clara y sólida de los conceptos físicos relevantes. Se priorizan aquellos experimentos que permitan a los estudiantes experimentar y observar directamente los fenómenos físicos, lo que facilita la comprensión de teorías y principios abstractos. Asimismo, se considera la capacidad de los experimentos para fomentar el pensamiento crítico, el razonamiento científico y la resolución de problemas.

3.3.4 Necesidad de revisión con docentes y expertos

Es importante mencionar que esta etapa de estudio y selección de experimentos se realiza en estrecha colaboración con profesores de física y expertos en educación. Sus conocimientos y experiencia son fundamentales para garantizar la calidad y la idoneidad de los experimentos seleccionados.

3.3 Diseño y preparación de los experimentos para la simulación en R

En esta etapa, se lleva a cabo el diseño y la preparación de los experimentos seleccionados para su posterior simulación en el entorno de Realidad Virtual (RV). El objetivo es crear una representación virtual precisa y realista de los experimentos físicos, de manera que los estudiantes puedan interactuar con ellos y obtener una comprensión profunda de los conceptos involucrados.

3.3.1 Definición de objetivos

En primer lugar, se establecen objetivos clave para la implementación de la realidad virtual en el laboratorio de física. Los objetivos incluyen mejorar la comprensión conceptual, fomentar el interés en la física, garantizar la accesibilidad, medir resultados, ser flexible y adaptable, y proporcionar documentación y soporte. Estos objetivos sirven como la base para el diseño y desarrollo efectivo de la experiencia de realidad virtual, alineando el proyecto con la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de la física mediante la tecnología VR.

3.3.2 Diseño de escenarios

Nos centramos en el diseño detallado de los escenarios virtuales para nuestro laboratorio de realidad virtual (RV). Para lograrlo, aprovechamos las capacidades de dos herramientas fundamentales: Unity y Sweet Home 3D.

- **Utilización de Unity:** Unity se convierte en el lienzo digital donde se plasman los escenarios virtuales. Mediante esta plataforma, se crean los ambientes de laboratorio, asegurando que las dimensiones y la disposición de las estructuras sean fieles a un laboratorio de física real. Unity también desempeña un papel crucial en la interacción y animación de los elementos del escenario para brindar una experiencia inmersiva y de alta calidad.
- **Incorporación de Sweet Home 3D:** Sweet Home 3D se utiliza para diseñar con precisión las estructuras de las paredes y la disposición de muebles en el laboratorio virtual. Esto garantiza la autenticidad del entorno virtual y simplifica la creación de modelos 3D realistas de muebles y objetos. La integración fluida de Sweet Home 3D con Unity facilita la creación de escenarios detallados y visualmente atractivos.
- **Animación de Alta Calidad:** Para enriquecer la experiencia del usuario, se aplican técnicas de animación de alta calidad en Unity. Los elementos del laboratorio, como instrumentos, reactores y objetos, se animan cuidadosamente para que funcionen y se comporten de manera realista. Esto permite a los estudiantes interactuar con los objetos y experimentos de una manera auténtica y envolvente.

3.3.3 Creación de Modelos 3D en Sweet Home 3D

En este paso, Sweet Home 3D se convierte en la herramienta esencial para la creación de modelos 3D detallados que compondrán todo el laboratorio virtual. Utilizamos Sweet Home 3D para diseñar las paredes, adornos como lámparas, cuadros, mesas, plantas y otros elementos decorativos que enriquecen el entorno del laboratorio.

La versatilidad de Sweet Home 3D nos permite personalizar cada modelo en términos de tamaño, forma, color y textura, garantizando un alto nivel de realismo. La exportación de estos modelos en formatos compatibles con Unity asegura su integración efectiva en el entorno virtual, proporcionando a los usuarios una experiencia inmersiva y agradable en el laboratorio de física. Estos modelos no solo añaden autenticidad visual, sino que también contribuyen significativamente a la calidad y la atmósfera del laboratorio virtual.

3.3.4 Integración de Modelos en Unity

Como siguiente paso para nuestra metodología, nos centramos en la integración de los modelos 3D creados en Sweet Home 3D en el entorno de desarrollo de Unity. Esta etapa es fundamental para asegurar que todos los elementos del laboratorio virtual se combinen de manera coherente y que los usuarios puedan interactuar con ellos de manera efectiva.

- **Importación de Modelos:** Comenzamos importando los modelos 3D diseñados en Sweet Home 3D a Unity. Esto se logra mediante la transferencia de archivos en formatos compatibles, como OBJ o FBX, para garantizar que los modelos conserven su calidad y detalles.
- **Configuración de Materiales y Texturas:** En Unity, configuramos los materiales y texturas de los modelos importados para que se asemejen lo más posible a sus contrapartes reales. Esto implica la asignación de texturas y shaders adecuados para lograr un aspecto visual realista.
- **Posicionamiento y Escala Precisos:** Cada modelo se coloca en su ubicación correspondiente dentro del laboratorio virtual, asegurando que las dimensiones y la disposición sean fieles al diseño original. La

escala de los modelos se ajusta para mantener la proporcionalidad adecuada.

- **Animación y Comportamiento:** Cuando es necesario, aplicamos animaciones y comportamientos a los modelos para que funcionen de manera realista en respuesta a las acciones de los usuarios. Esto incluye la interacción con objetos, como la manipulación de instrumentos de laboratorio.
- **Optimización y Rendimiento:** Se optimizan los modelos y su rendimiento en Unity para garantizar que la experiencia de usuario sea fluida y sin problemas. Esto incluye la gestión de recursos y la reducción de la carga en términos de gráficos y procesamiento.

La integración exitosa de los modelos en Unity es esencial para la creación de un entorno de laboratorio virtual cohesivo y funcional. Esta etapa garantiza que los usuarios puedan explorar y experimentar en el entorno de manera auténtica y envolvente, lo que contribuye significativamente a la efectividad del laboratorio de física en realidad virtual.

3.3.5 Programación y Funcionalidad VR

Nos enfocamos en la programación y la implementación de la funcionalidad dentro del entorno de Unity. Esta etapa es crucial para dotar al laboratorio virtual de interacción y realismo, lo que mejora significativamente la experiencia del usuario.

- **Programación de Experimentos:** Se desarrolla la lógica de los experimentos de física que se llevarán a cabo en el laboratorio virtual. Esto implica la programación de las ecuaciones físicas, como la ley de

la gravedad y las interacciones entre objetos, para asegurar que los experimentos se comporten de manera realista.

- **Configuración de Gravedad y Masas:** Se establecen los parámetros de gravedad y masa para objetos y elementos dentro del laboratorio virtual. Esto garantiza que los objetos caigan y se muevan de acuerdo con las leyes físicas correspondientes, lo que añade autenticidad a la experiencia.
- **Control de Personaje y Movimiento:** La programación incluye la implementación del control del personaje principal o del usuario dentro del entorno virtual. Se define cómo el usuario puede moverse, interactuar con objetos y realizar acciones dentro del laboratorio.
- **Interacción con el Entorno:** Se crea la interacción entre el usuario y el entorno, lo que permite que los objetos se manipulen, se recojan y se utilicen en los experimentos. La programación de colisiones y detectores de eventos, como los colliders, es esencial para lograr una interacción realista.

3.3.6 Pruebas y Ajustes

Es importante destacar que esta etapa requiere la colaboración estrecha entre expertos en física, expertos en RV y diseñadores de experiencias educativas. El programa se somete a pruebas exhaustivas para identificar y corregir problemas. Se verifican la funcionalidad, el rendimiento y se identifican errores. Los ajustes y mejoras se aplican según los resultados de las pruebas para garantizar una experiencia de usuario sin problemas y cumplir con los

objetivos establecidos. Una vez que se completa esta fase, el laboratorio virtual estará listo para su implementación educativa.

3.3.7 Validación y Evaluación

Se procede a validar y evaluar el laboratorio virtual de física. Se realiza una evaluación exhaustiva para verificar que cumple con los objetivos de aprendizaje y que proporciona una experiencia educativa efectiva. Los resultados de la evaluación ayudarán a determinar si la aplicación es adecuada para su implementación en un entorno educativo más amplio y si requiere ajustes adicionales para mejorar su utilidad y eficacia.

3.3.8 Optimización para Diferentes Plataformas VR

Es importante concentrarnos en optimizar el laboratorio virtual de física exclusivamente para su funcionamiento eficiente en PC con capacidades de realidad virtual (VR). Esto implica adaptar la aplicación para garantizar que sea compatible y funcione sin problemas en diferentes configuraciones de PC con hardware VR. La optimización considera aspectos como el rendimiento gráfico y la interacción, permitiendo que un público más amplio acceda y utilice la aplicación en su PC con capacidades de VR.

3.3.9 Documentación y Manuales de Usuario

Creamos documentación detallada y manuales de usuario. Esto incluye una guía completa que explica el funcionamiento del programa y la realización de experimentos en el entorno virtual. Esta documentación es esencial para facilitar la comprensión y el uso efectivo del laboratorio virtual por parte de profesores y estudiantes, y forma parte integral de los resultados de la tesis.

CAPÍTULO 4

CREACIÓN DEL LABORATORIO VIRTUAL

En este capítulo daremos a conocer cada paso que realizamos para la creación de laboratorio dando a conocer su arquitectura, los componentes que utilizaremos, la construcción de su estructura y el modelado.

4.1 Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema es una parte fundamental en el diseño y desarrollo de cualquier sistema, ya sea un sistema informático, un edificio o cualquier otra entidad compleja. La importancia de la arquitectura del sistema radica en su capacidad para proporcionar una estructura y organización sólidas que permitan el funcionamiento eficiente y efectivo del sistema en su conjunto.

4.1.1 Importancia y partes de la Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema es un aspecto crucial en el desarrollo de software, ya que proporciona una visión estructural y funcional del sistema que se está diseñando. Permite definir y organizar los componentes principales del sistema, así como las interacciones y relaciones entre ellos.

La creación de la arquitectura del sistema se realizó por las siguientes razones:

4.1.2 Diseño Estructurado

Proporciona una estructura organizada para el desarrollo del software. Define cómo se dividen y se organizan los diferentes componentes del sistema, lo que facilita su comprensión y gestión.

4.1.3 Comunicación y colaboración

Al establecer una arquitectura clara, se mejora la comunicación y la colaboración entre los miembros del equipo de desarrollo. Todos tienen una comprensión común de cómo se construirá el sistema y pueden trabajar de manera más efectiva juntos.

4.1.4 Mantenibilidad y escalabilidad

Una arquitectura bien diseñada facilita el mantenimiento y la evolución del sistema a lo largo del tiempo. Permite que los cambios y mejoras se realicen de manera más eficiente, minimizando el impacto en otras partes del sistema. Además, una arquitectura escalable permite que el sistema crezca y se adapte a nuevas necesidades sin tener que realizar cambios drásticos.

4.1.5 Reutilización de componentes

La arquitectura del sistema también promueve la reutilización de componentes. Al dividir el sistema en módulos y definir interfaces claras entre ellos, es más fácil identificar componentes que puedan ser utilizados en diferentes proyectos o contextos, lo que ahorra tiempo y esfuerzo en el desarrollo.

4.1.6 Calidad y rendimiento

Contribuye a la calidad del software y al rendimiento del sistema. Al definir adecuadamente los componentes y las interacciones entre ellos, se pueden identificar y abordar problemas potenciales de rendimiento o calidad desde el principio, lo que lleva a un sistema más robusto y eficiente.

En el diseño del laboratorio virtual se planteó una arquitectura enfocada en dos apartados: el desarrollo de ambiente virtual del laboratorio y la estructura de los experimentos físicos, presentado en la imagen (N5), generando un enfoque optimizado y generando un ambiente virtual y la difusión del conocimiento para los experimentos físicos.

4.2 Arquitectura del laboratorio

La arquitectura propuesta a continuación consta de 5 módulos y diferentes conexiones del sistema encargado de integrar cada módulo y controlar los procesos internos de la aplicación los cuales constan de:

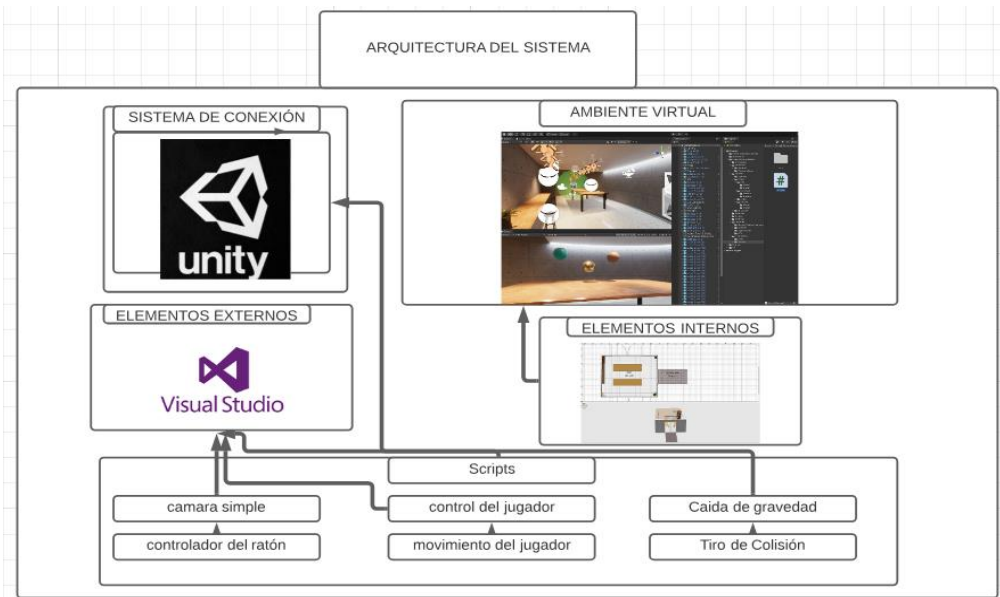


Figura 4.2: System architecture N5.

- System Connections:** La arquitectura de un sistema debe diseñarse cuidadosamente teniendo en cuenta las System Connections necesarias para garantizar un funcionamiento adecuado. Esto implica considerar aspectos como el ancho de banda requerido, la latencia tolerable, la seguridad de la comunicación y la capacidad de escalabilidad del sistema. Una planificación efectiva de las System Connections ayuda a garantizar una comunicación fluida y eficiente entre los diferentes componentes, lo que contribuye a la integridad y confiabilidad del sistema en su conjunto. Las System Connections pueden ser de diversos tipos y se establecen tanto a nivel físico como lógico.

Dentro de nuestro caso se buscó un nivel lógico dentro de los protocolos de comunicación, interfaces de programación de aplicaciones (API) y estándares de interoperabilidad. Estas conexiones lógicas definen cómo los componentes del sistema se comunican entre sí, estableciendo reglas y formatos de intercambio de información, las aplicaciones que escogimos para la realización

de nuestro proyecto de tesis son Unity 3D para la creación del ambiente virtual y Visual Studio para la codificación. La interrelación entre Unity 3D y Visual Studio se logra a través de la configuración y la integración adecuadas, La interrelación entre ambos proporciona una experiencia de desarrollo más robusta y eficiente al combinar la potencia del motor de Unity con las herramientas y características avanzadas de programación de Visual Studio. Esto facilita la creación y el mantenimiento de proyectos en Unity, permitiendo un desarrollo más rápido y una depuración más precisa de los scripts escritos en C#.

- **Virtual Environment:** Al combinar Unity 3D y Sweet Home 3D en un Virtual Environment, se puede lograr una simulación virtual completa de espacios arquitectónicos, permitiendo a los usuarios explorar y experimentar con diseños de interiores y exteriores de manera inmersiva. Los usuarios pueden interactuar con los elementos del entorno, modificar los diseños, cambiar materiales y texturas, y obtener una representación realista de cómo se vería y se sentiría el espacio en la vida real lo cual nos permite a los usuarios finales visualizar y evaluar diseños de manera más precisa y detallada antes de su implementación física.

Esto puede conducir a una toma de decisiones más informada, a una mejor comunicación y colaboración en el diseño arquitectónico, y a una reducción de costos y errores en el proceso de construcción y decoración de espacios.

- **Elementos Externos:** El externo correspondiente al software que se utilizó para la codificación de todo el laboratorio.
- **Elementos Internos:** El externo correspondiente a cualquier elemento creado o reconstruido pasa a formar parte del entorno virtual

- **Scripts:** Los scripts en la arquitectura del sistema se refieren a fragmentos de código o instrucciones que se utilizan para definir y controlar el comportamiento de un sistema informático. Estos scripts son una parte fundamental de la arquitectura del sistema, ya que permiten la automatización de tareas, la configuración de componentes y la interacción entre los diferentes elementos del sistema.

Los scripts se utilizan para implementar la lógica y la funcionalidad de los diferentes componentes y subsistemas. Utilizando nuestro laboratorio como ejemplo, los scripts que utilizamos sirven para manejar la interacción del usuario, validar acciones del control del jugador que estamos controlando para realizar consultas y los cálculos que necesitamos para los experimentos del laboratorio.

4.3 Construcción y modelado del laboratorio

Para la construcción y modelado del laboratorio de nuestro entorno virtual, como primer objetivo nos planteamos en el desarrollo de simulaciones y experiencias interactivas en Unity 3D tales como la planicie y los controles que necesita el usuario para poder moverse dentro de este entorno. Esta sección de la tesis se enfoca en el proceso de diseñar, construir y dar forma a los elementos físicos y visuales del laboratorio virtual, con el objetivo de recrear un entorno realista y funcional.

Para la creación del laboratorio se utilizó la herramienta sweet Home 3d que es un software de diseño de interiores que permite crear y visualizar espacios arquitectónicos en 2D y 3D. Proporciona herramientas para dibujar paredes, añadir muebles, seleccionar texturas y colores, y generar vistas realistas de los espacios diseñados, donde como primer paso creamos en 2D el

laboratorio de física y le agregamos diferentes colores y skin a cada pared para darle un tono más realista como en la imagen que vemos a continuación:



Figura 4.3.1: Imagen del laboratorio 1

La construcción del laboratorio virtual implica la creación de la estructura y la disposición espacial de los elementos del entorno. Como primero se buscó diferentes ambientes virtuales que Unity mismo nos proporciona y en donde se podría realizar mejor los cambios para poder crear un laboratorio y en el cual todo se vea ergonómico y natural al momento de que el usuario use el laboratorio y este a su vez sea inmersivo y agradable para el usuario. A continuación, en la siguiente imagen que se muestra podemos observar la sala de inicio del laboratorio virtual en donde la persona podrá tener una guía acerca de los botones y los controles que se necesita para poder utilizar el laboratorio.



Figura 4.3.2: Imagen de la sala principal

El modelado del laboratorio es la creación de los objetos y elementos individuales que componen el entorno. Para la obtención de los diferentes componentes ya sea mesas o materiales como árboles, colores para cada objeto y diferentes partículas que están en el laboratorio se optó por todos los objetos y componentes que se encuentran en la tienda oficial de Unity 3D donde gracias su motor grafico de la aplicación podemos lograr obtener una visión, colores de muy alta gama, la iluminación juega un papel crucial en la creación de un ambiente realista.

Se utilizo herramientas de modelado en 3D de sweet home para crear los objetos, muebles, equipos y entorno del laboratorio ya sea como los adornos o arboles dentro del ambiente virtual. Estos modelos externos se importan a Unity 3D para su utilización.

Se utilizo fuentes de luz para el segundo laboratorio, como luces direccionales, puntuales y de área, para iluminar adecuadamente el laboratorio virtual. Además, se pueden emplear técnicas de iluminación avanzadas, como mapeo de sombras e iluminación global, para mejorar la calidad visual. y las sombras para crear una atmósfera realista en el laboratorio virtual mediante ajustes de los materiales y las texturas para lograr una representación visual convincente como se puede apreciar en la siguiente imagen del segundo laboratorio creado para el segundo experimento.

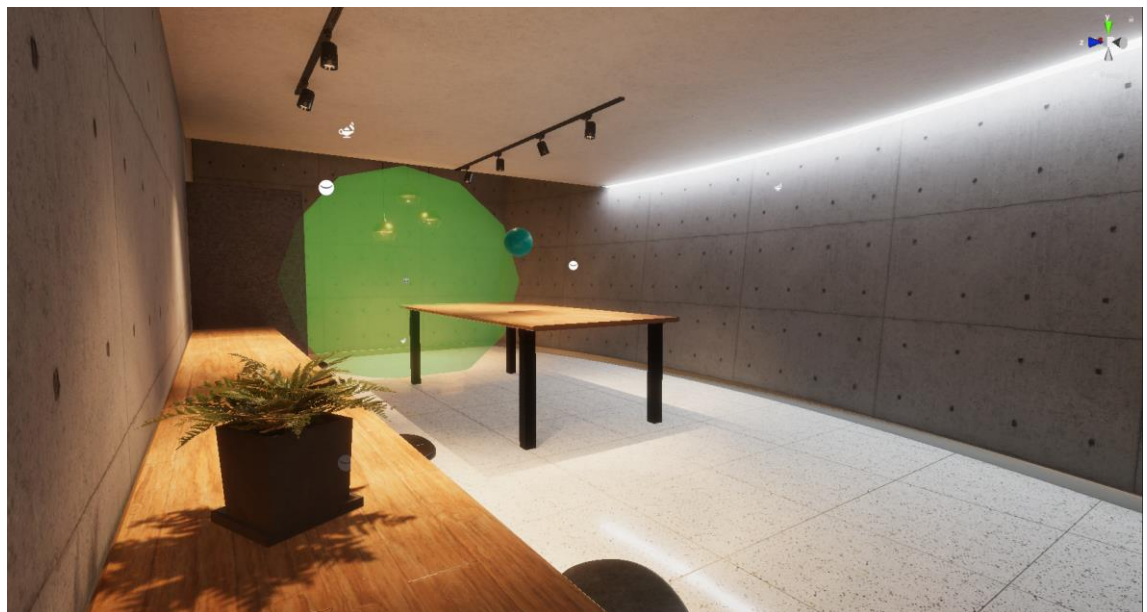


Figura 4.3.3 Imagen del Laboratorio 2

Para permitir que los usuarios interactúen con el laboratorio virtual, se utilizan controles y dispositivos de entrada, como teclado, mouse o controladores de movimiento. Se programan scripts en Unity 3D para capturar las interacciones del usuario y responder a ellas, como la capacidad de mover objetos, interactuar con equipos o activar elementos interactivos en el laboratorio.

4.4 Modelado y texturización del laboratorio

Para dar apariencia y realismo a los objetos, se aplicaron texturas y materiales a los modelos 3D. Estos elementos ayudan a simular diferentes superficies y materiales, como metal, plástico, vidrio, etc. Unity 3D proporciona herramientas para asignar texturas y configurar materiales de forma interactiva como la siguiente imagen que está a continuación.

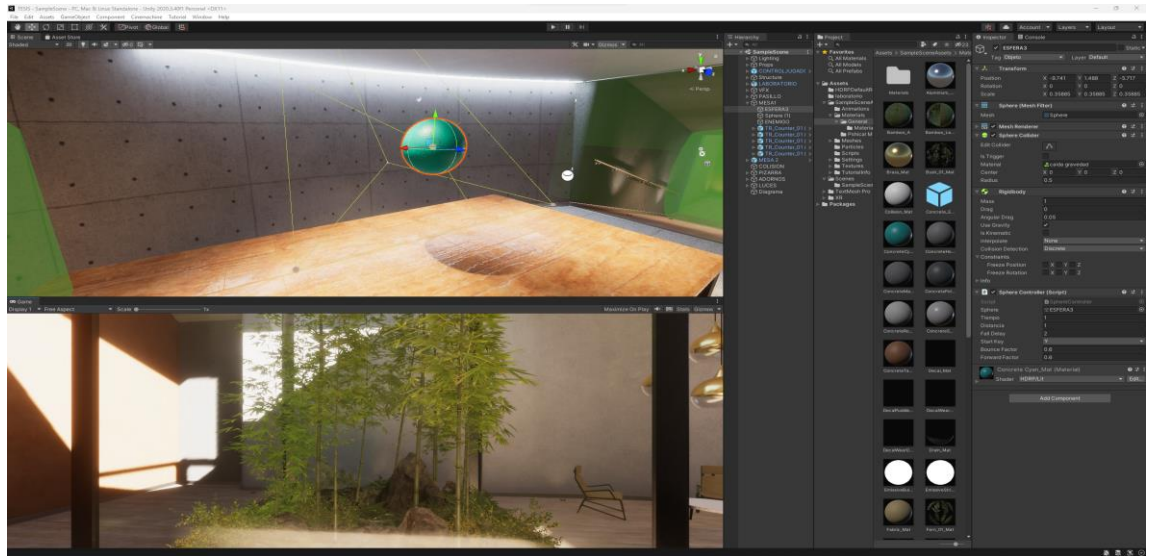


Figura 4.4.1: Imagen del modelado de la esfera

Durante el proceso de modelado, tuve en cuenta las dimensiones y proporciones precisas de los objetos, asegurándome de que se asemejaran lo más posible a sus contrapartes físicas reales. Esto fue esencial para lograr una representación fiel y reconocible del laboratorio.

Una vez que los modelos 3D estuvieron listos, procedí a aplicar texturas y materiales para dotar a los objetos de una apariencia convincente. Para ello, utilicé diversas técnicas de mapeado UV, mediante las cuales asigné texturas a las superficies de los modelos. Esto me permitió agregar detalles visuales, como patrones, colores y efectos, para simular diferentes materiales, como metal, plástico, vidrio o madera. La elección de texturas adecuadas fue crucial para

lograr la sensación táctil y visualmente coherente con la realidad, estos modelos los conseguimos de la tienda oficial de Unity3D como lo vemos a continuación:

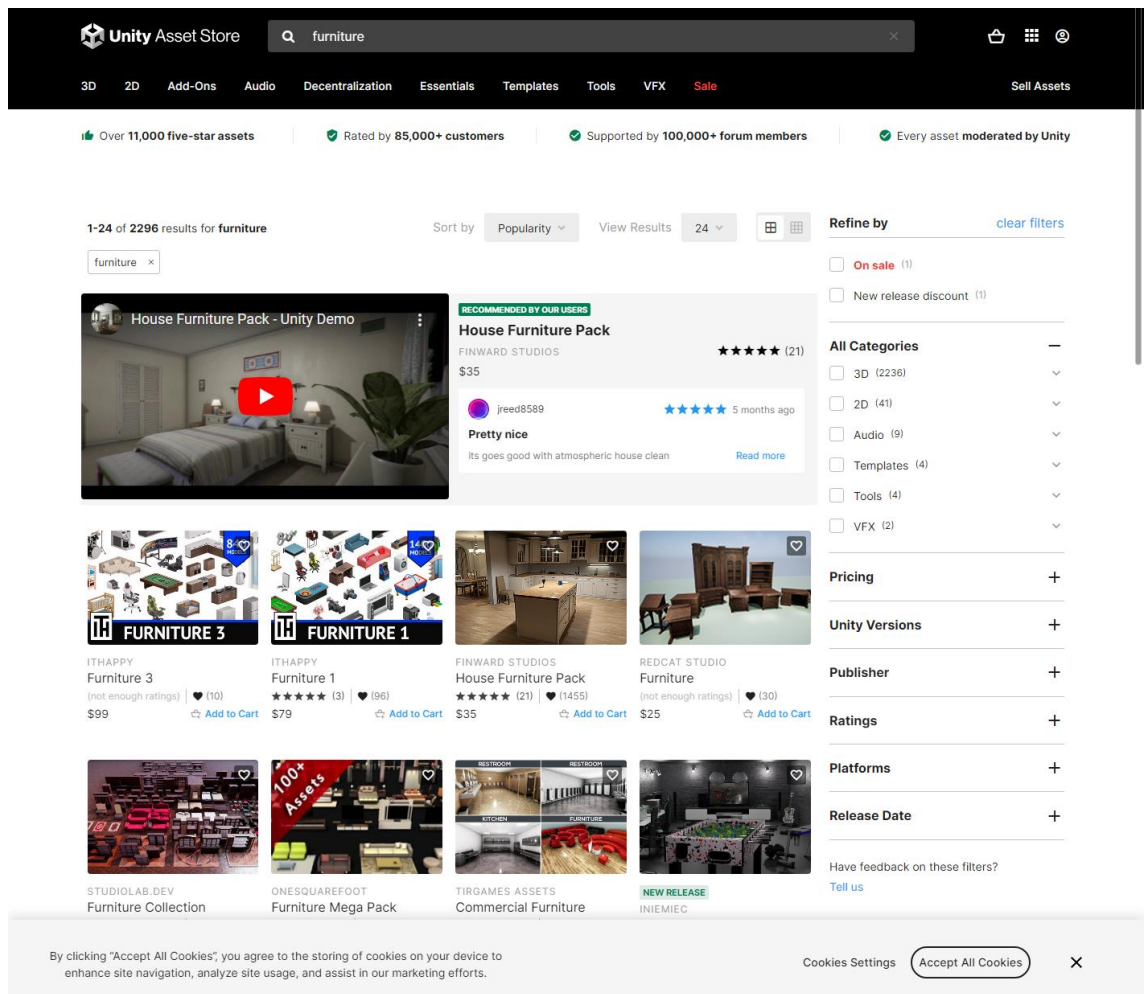


Figura 4.4.2: Imagen del Unity Store

Además, ajusté los parámetros de los materiales, como la reflectividad, el brillo y la opacidad, para reflejar adecuadamente las propiedades de los materiales del mundo real. Por ejemplo, apliqué un material metálico brillante y reflectante a los equipos de laboratorio, mientras que opté por materiales más opacos y mate para los muebles. Esto contribuyó a la percepción de profundidad y realismo en el laboratorio virtual.

Así mismo, tuve en cuenta la iluminación adecuada en el laboratorio. Utilicé fuentes de luz direccionales y puntuales para simular la iluminación natural o artificial, según corresponda al entorno del laboratorio. Además, ajusté la intensidad, el color y las sombras de las luces para lograr una iluminación realista y coherente en todo el entorno virtual.

4.5 Integración de modelos 3d y estructuras dentro del entorno de desarrollo y construcción del entorno virtual

La integración desempeña un papel fundamental en la creación de una experiencia educativa inmersiva y efectiva. En este contexto, se combinan modelos tridimensionales detallados y estructuras interactivas para replicar los fenómenos físicos y proporcionar a los usuarios una forma visual y práctica de explorar y comprender conceptos científicos.

En primer lugar, la integración de modelos 3D en el laboratorio virtual permite recrear objetos y elementos presentes en un laboratorio físico de física. Estos modelos tridimensionales se crearon con la finalidad de que los estudiantes puedan recrear experimentos de física de la vida real dentro del ambiente virtual utilizando herramientas de modelado 3D, como Sweet home 3, Blender o Autodesk Maya, y se importan al entorno de desarrollo de Unity, que es utilizado para la construcción del laboratorio virtual. Los modelos 3D incluyen instrumentos de medición, estructuras físicas y otros elementos relevantes para los experimentos de física como la imagen se ve a continuación.



Figura 4.5: Imagen del Laboratorio 1

Estos modelos 3D se incorporan en el entorno virtual de manera precisa y realista, teniendo en cuenta las dimensiones y proporciones exactas. Por ejemplo, se pueden incluir modelos de una balanza, un péndulo, un circuito eléctrico o un sistema de poleas. Esto permite a los estudiantes interactuar con los modelos virtuales como si estuvieran manipulando los objetos físicos reales, lo que brinda una experiencia práctica sin restricciones de tiempo o recursos.

Además, la integración de estructuras interactivas dentro del laboratorio virtual amplía la experiencia educativa. Estas estructuras se basan en la programación y scripting en Unity para simular fenómenos físicos y permitir que los estudiantes realicen experimentos y observaciones virtuales. Por ejemplo, se pueden desarrollar estructuras interactivas para simular la caída libre de objetos, la colisión de partículas, el movimiento armónico simple o la conductividad eléctrica.

Estas estructuras interactivas pueden incluir controles y herramientas virtuales que permiten a los estudiantes modificar parámetros, recopilar datos y observar los resultados en tiempo real. Por ejemplo, los estudiantes pueden

ajustar la masa de un objeto, modificar la tensión de un resorte o cambiar la configuración de un circuito eléctrico para observar cómo afecta al sistema en su conjunto. Estas interacciones ofrecen a los estudiantes la oportunidad de explorar conceptos y teorías físicas, realizar experimentos virtuales y analizar resultados de manera dinámica.

El entorno virtual se creó utilizando el motor de desarrollo UNITY [26]. El ambiente consta de un área adaptativa para el usuario, un área principal y varias salas que simulan un mundo abierto, finalmente, el uso de Post Processing en el manejo de iluminación y acabados, aumentó el realismo del ambiente.

4.6 Codificación de acciones y controladores

Los: En el presente capítulo, se abordará el proceso de creación y desarrollo de un entorno virtual de laboratorio de física, centrado en la codificación de las acciones del programa mediante el uso de Visual Studio y la integración de controladores enlazados con Unity 3D. El objetivo principal de este proyecto es proporcionar a los estudiantes una experiencia inmersiva y realista que promueva la comprensión de conceptos físicos complejos a través de la experimentación virtual.

El desarrollo de este entorno virtual requirió una combinación de conocimientos en programación, física y diseño de interfaces interactivas. Para lograrlo, se utilizó Visual Studio, un entorno de desarrollo integrado ampliamente utilizado, que proporciona herramientas y recursos esenciales para la codificación y depuración de software. Además, Unity 3D, un motor de creación de videojuegos altamente versátil y popular, fue empleado para la construcción

del entorno virtual en sí, permitiendo la interacción del usuario con los elementos físicos simulados.

A lo largo de este capítulo, se describirá el proceso de codificación de las acciones del programa, así como la vinculación de los controladores con Unity 3D para lograr una experiencia de usuario fluida e intuitiva. Se explorarán los desafíos encontrados durante el desarrollo, las decisiones de diseño tomadas y las soluciones implementadas para brindar una experiencia educativa envolvente y eficaz.

Es importante destacar que este entorno virtual de laboratorio de física no pretende reemplazar los laboratorios tradicionales, sino complementarlos y enriquecerlos. Al proporcionar a los estudiantes una plataforma interactiva y accesible, se busca fomentar la experimentación activa y la comprensión profunda de los principios físicos fundamentales, ayudando a los estudiantes a consolidar su conocimiento y aplicarlo de manera práctica.

4.6.1 Codificación de movimiento del personaje

Para lograr un movimiento fluido y realista del personaje en el entorno virtual, se utilizó la programación basada en scripts en C# dentro de Unity. Se creó un controlador de personaje personalizado que permitió al usuario interactuar con el entorno y desplazarse de manera intuitiva.

La codificación del movimiento se dividió en varias etapas. En primer lugar, se definió la estructura básica del personaje, que incluía un modelo tridimensional, animaciones y colisiones. A continuación, se crearon los scripts necesarios para controlar el movimiento del personaje.

El script principal del controlador de personaje incluía funciones para el movimiento horizontal y vertical. Utilizando variables de velocidad y aceleración, se logró que el personaje respondiera de manera suave a las acciones del usuario. La información de entrada del teclado, como las teclas de flecha o las teclas WASD, se utilizó para controlar el movimiento del personaje en la escena.

A continuación, se presentan las imágenes que ilustran los pasos clave de la codificación del movimiento del personaje en Unity:

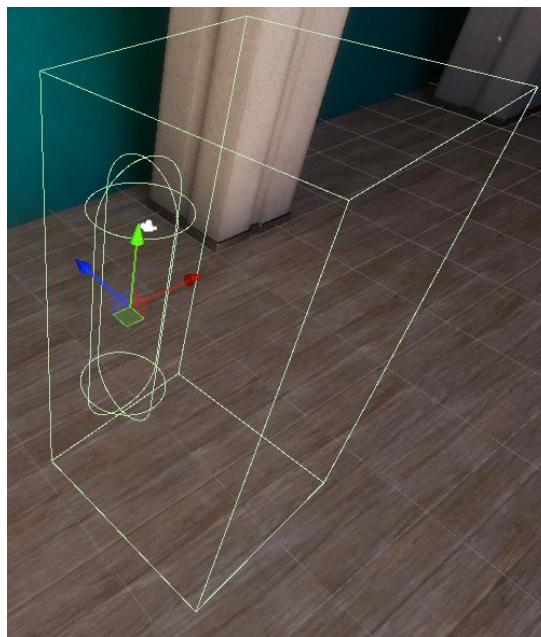


Figura 4.6.1: Definición de la estructura básica del personaje

Como podemos observar en la imagen anterior tenemos un cilindro con una cámara que se puede observar, esto es el cuerpo del personaje y la cámara es la vista que vamos a tener y nos dará la perspectiva de hacia dónde está viendo el personaje, y el cuadrado externo es su campo invisible que nos ayuda a detectar las colisiones hacia su entorno, a continuación se mostrara una imagen con el código que utilizamos para los movimientos del personaje y todos los métodos y variables que nos ayudaran en nuestro laboratorio virtual.

- **Codificación del personaje:** Como Primero, se define la clase `PlayerMovement` que hereda de `MonoBehaviour`, lo que permite que el script se adjunte a un objeto en Unity, se declaran las variables públicas `controller`, `speed`, `gravity`, y `jumpHeight`. La variable `controller` es del tipo `CharacterController` y se utiliza para controlar el movimiento del personaje. `speed` determina la velocidad de movimiento del personaje, `gravity` es la gravedad aplicada al personaje, y `jumpHeight` representa la altura del salto del personaje, Se declaran las variables públicas `groundCheck`, `groundDistance`, y `groundMask`. `groundCheck` es un objeto `Transform` que se utiliza para comprobar si el personaje está en el suelo. `groundDistance` define la distancia desde el objeto `groundCheck` donde se realizará la comprobación. `groundMask` representa la capa de terreno en la cual el personaje puede estar en contacto.

Se declaran las variables `velocity` y `isGrounded`. `velocity` es un vector que almacena la velocidad del personaje en el eje Y (vertical) y `isGrounded` indica si el personaje está en el suelo o no después se definen las variables `movement` y `jump` del tipo `InputAction`, estas variables se utilizan para asignar las acciones de movimiento y salto del personaje.

En el método `Start()`, se configuran las acciones de movimiento y salto. Se especifican las combinaciones de teclas o botones del gamepad que se asignarán a cada acción. En este caso, el movimiento se asigna a las teclas de flecha del teclado y al stick izquierdo del gamepad, mientras que el salto se asigna a la barra espaciadora del teclado y al botón "A" del gamepad. Luego, se habilitan las acciones de movimiento y salto.

En el método Update(), se actualiza el movimiento del personaje en cada fotograma. Se leen los valores de entrada del movimiento y el salto del usuario utilizando las acciones configuradas anteriormente.

Se utiliza Physics.CheckSphere() para comprobar si el personaje está en el suelo. Se crea una esfera de comprobación en la posición del objeto groundCheck y se especifica la distancia y la capa del terreno en la que se debe realizar la comprobación. El resultado se almacena en la variable isGrounded, si el personaje está en el suelo y la velocidad en el eje Y es menor que cero, se establece la velocidad en Y a -2f para evitar que el personaje quede atascado en el suelo después se calcula el vector move para el movimiento del personaje en función de los valores de entrada en los ejes X e Z. Se multiplica por speed para determinar la velocidad de movimiento y por Time.deltaTime para que el movimiento sea independiente de la frecuencia de fotogramas para esto utilizaremos controller.Move() para mover el personaje utilizando el controlador CharacterController. Se aplica el vector move multiplicado por speed y Time.deltaTime para mover el personaje.

Si el botón de salto está presionado (jumpPressed) y el personaje está en el suelo, se calcula la velocidad en el eje Y (velocity.y) para realizar un salto. Se utiliza la fórmula de física para calcular la velocidad inicial necesaria para alcanzar la altura del salto deseada y se actualiza la velocidad en el eje Y (velocity.y) añadiendo la gravedad multiplicada por Time.deltaTime para simular la caída del personaje. Finalmente, se utiliza controller.Move() para aplicar la velocidad (velocity) al personaje en el eje Y y moverlo.

Estas imágenes proporcionan una visión general de la codificación del movimiento del personaje en Unity. Como se puede apreciar, se utilizaron varias

líneas de código para controlar la velocidad, la aceleración y la entrada del usuario, lo que permitió un movimiento suave y realista del personaje dentro del entorno virtual de laboratorio de física.

En resumen, la codificación del movimiento del personaje en Unity se logró mediante la creación de un controlador de personaje personalizado utilizando scripts en C#. Se definieron funciones para el movimiento horizontal y vertical, utilizando variables de velocidad y aceleración. Estas funciones respondían a la entrada del usuario y permitían un movimiento intuitivo y realista del personaje en el entorno virtual.

4.6.2 Codificación de los botones que usaran para los experimentos

En resumen, la codificación del movimiento del personaje en Unity se logró mediante la creación de un controlador de personaje personalizado utilizando scripts en C#. Se definieron funciones para el movimiento horizontal y vertical, utilizando variables de velocidad y aceleración. Estas funciones respondían a la entrada del usuario y permitían un movimiento intuitivo y realista del personaje en el entorno virtual.

Los dispositivos de interacción establecidos para los experimentos desempeñan un papel central en la manipulación y control de las variables dentro del entorno virtual. En particular, se han asignado las teclas ASWD para la navegación tridimensional, permitiendo que el usuario regule la posición del personaje en los planos horizontal y vertical. Esta disposición ofrece la oportunidad de explorar el espacio experimental con un alto grado de libertad y precisión. Asimismo, la tecla "E" se designa a la acción de aprehender objetos, mientras que la tecla "R" se dedica a la liberación de los mismos. Por otro lado, el uso del botón izquierdo del ratón se destina a la activación de controles

experimentales, con el propósito de propiciar la interacción con parámetros críticos. Estos mecanismos de interacción están diseñados para proporcionar a los participantes una experiencia inmersiva y funcional en consonancia con la experimentación científica dentro del ámbito virtual.

4.7 Creación de los experimentos seleccionados

En este capítulo, se presenta la creación de los experimentos seleccionados en el entorno virtual de laboratorio de física. Estos experimentos han sido cuidadosamente diseñados para proporcionar a los estudiantes una experiencia interactiva y educativa, centrándose en conceptos clave de la física. En particular, se destacarán dos experimentos de la física: el experimento de choque de colisiones y el experimento de caída libre. A lo largo de este capítulo, se describirán los detalles de estos experimentos, desde su configuración hasta su ejecución y los resultados obtenidos.

4.7.1 Codificación para el experimento de choque de colisiones elásticos e inelásticos

En este experimento, se ha creado un entorno virtual dentro de Unity 3D que simula una mesa de billar. El escenario incluye dos esferas, de las cuales se lanzan inicialmente y colisionan entre las esferas, lo que permite observar y analizar diferentes tipos de colisiones, como los choques elásticos e inelásticos.

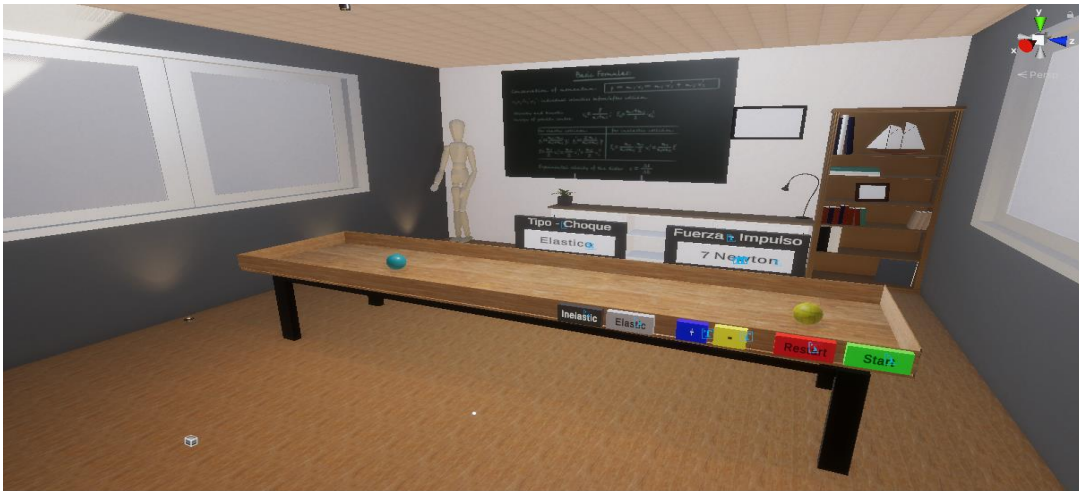


Figura 4.7.1: Experimento de Choque de colisiones

La configuración del escenario se basa en la asignación de propiedades físicas a las esferas, como su masa, posición inicial, velocidad y coeficiente de restitución. Estos parámetros se utilizan para calcular el resultado de las colisiones y determinar si son elásticas o inelásticas.

Para lograr la implementación exitosa de los experimentos de choque de colisiones, se empleó una combinación de las herramientas de desarrollo de software Visual Studio y el entorno de desarrollo Unity 3D. Esta sinergia permitió crear simulaciones interactivas y realistas que modelaron los fenómenos físicos de manera efectiva.

El proceso de codificación se inició definiendo los componentes esenciales de los experimentos. Esto implicó la creación de objetos tridimensionales representando las partículas involucradas en las colisiones y la configuración de sus propiedades físicas, como masa, velocidad e inercia. Para llevar a cabo esta tarea, Visual Studio se erigió como el entorno de codificación

principal, brindando un espacio de desarrollo enriquecido con herramientas de autocompletado, resaltado de sintaxis y depuración.

En paralelo, Unity 3D se empleó como la plataforma para la visualización y ejecución de las simulaciones. Los scripts generados en Visual Studio fueron integrados en Unity, lo que permitió la interacción directa con los elementos del experimento. La biblioteca de física de Unity posibilitó la aplicación de algoritmos de colisión y dinámica de partículas, replicando de manera precisa los principios físicos detrás de los choques.

- **Codificación del 2 experimento:** Este código ofrece una funcionalidad que permite aumentar la fuerza de impulso aplicada a una esfera, generando así choques elásticos o inelásticos cuando interactúa con otra esfera. Al utilizar este código, se habilita la posibilidad de influir en la magnitud del impulso que se aplica a la esfera durante su movimiento. La clase responde a eventos de entrada del ratón y, al hacer clic en el botón asignado, activa la función "unityEvent.Invoke()", lo que conduce a un ajuste dinámico en la fuerza de impulso. Esta capacidad de ajuste permite realizar experimentos que varíen la naturaleza de los choques entre esferas, permitiendo la observación y análisis detallados de los resultados en términos de colisiones elásticas e inelásticas. En resumen, este código proporciona una herramienta crucial para investigar cómo las modificaciones en la fuerza de impulso influyen en los resultados de choques entre objetos esféricos.

- **Codificación del 1 experimento:** Unity 3D "SphereControllerCinetic2" en el entorno de programación Unity, que se utiliza para realizar un experimento de choques y colisiones con una esfera. Este código desempeña un papel crucial en la simulación de choques elásticos e inelásticos. La esfera, representada en el experimento, está influenciada por las leyes de la física simuladas por el motor de física de Unity. La clase "SphereControllerCinetic2" controla su comportamiento, permitiendo la ejecución de choques tanto elásticos como inelásticos. Al ajustar parámetros como la dirección y la magnitud de la fuerza aplicada, y manipulando las colisiones con otros objetos, se puede observar cómo la esfera reacciona y se mueve en respuesta a los diferentes tipos de choques. Mediante la evaluación de las posiciones y velocidades resultantes, es posible obtener valiosa información sobre los efectos de los choques en términos de energía cinética, velocidad y dirección. En este contexto, la imagen del código captura el proceso esencial mediante el cual se generan y controlan los choques, facilitando así el estudio detallado de las colisiones elásticas e inelásticas en el entorno. Esto permitió la observación directa de los efectos de las fuerzas involucradas en cada choque, generando visualizaciones que enriquecieron la comprensión de los conceptos físicos involucrados.
- **Codificación de la esfera:** En pos de establecer una manera efectiva de restablecer el experimento de choque de colisiones a sus condiciones iniciales, hemos implementado un botón mediante el uso del código presentado en la clase "TwoRestartPressKey". Esta función

resulta esencial para facilitar la investigación y la repetición de los escenarios experimentales.

La clase "TwoRestartPressKey" se encarga de restablecer los valores del experimento al estado original, permitiendo así una limpieza y reconfiguración rápida para realizar pruebas consecutivas. Cuando se inicia el experimento, esta clase localiza el objeto "SphereControllerCinetic" que controla el comportamiento de la esfera en el entorno y ejecuta la función "Reiniciar()" definida en la clase "SphereControllerCinetic". En consecuencia, este enfoque brinda la capacidad de reiniciar el experimento con un solo clic, garantizando que todas las propiedades y posiciones vuelvan a sus valores iniciales, lo que resulta crucial para obtener resultados coherentes y reproducibles en el estudio de colisiones y choques.

4.7.2 Codificación para el experimento de caída libre

El estudio de la caída libre se abordó mediante la creación de un experimento virtual en el entorno Unity 3D, que permitió la comprensión detallada de los conceptos relacionados con la gravedad y la aceleración. La herramienta Unity proporcionó la base para la simulación precisa de este fenómeno físico y su representación gráfica.

Uno de los aspectos clave de este experimento fue la generación de un diagrama de distancia-tiempo que representara la relación entre la altura de una esfera en caída libre y el tiempo transcurrido. Para lograr esto, se implementó un sistema de visualización en el cual se podía observar la altura de la esfera en tiempo real y su evolución conforme avanzaba el experimento. Este diagrama se

construyó con ejes cartesianos, donde el eje vertical representaba la altura y el eje horizontal representaba el tiempo.

La implementación del experimento involucró la codificación de cuatro botones funcionales en Unity 3D, que permitieron la interacción del usuario con la simulación. El primer botón facilitaba el aumento de la altura inicial de la esfera, lo que permitía al usuario establecer diferentes condiciones iniciales. El segundo botón, por otro lado, disminuía la altura. Estos ajustes manuales permitían explorar cómo la altura afectaba el comportamiento de la caída y los rebotes subsiguientes.

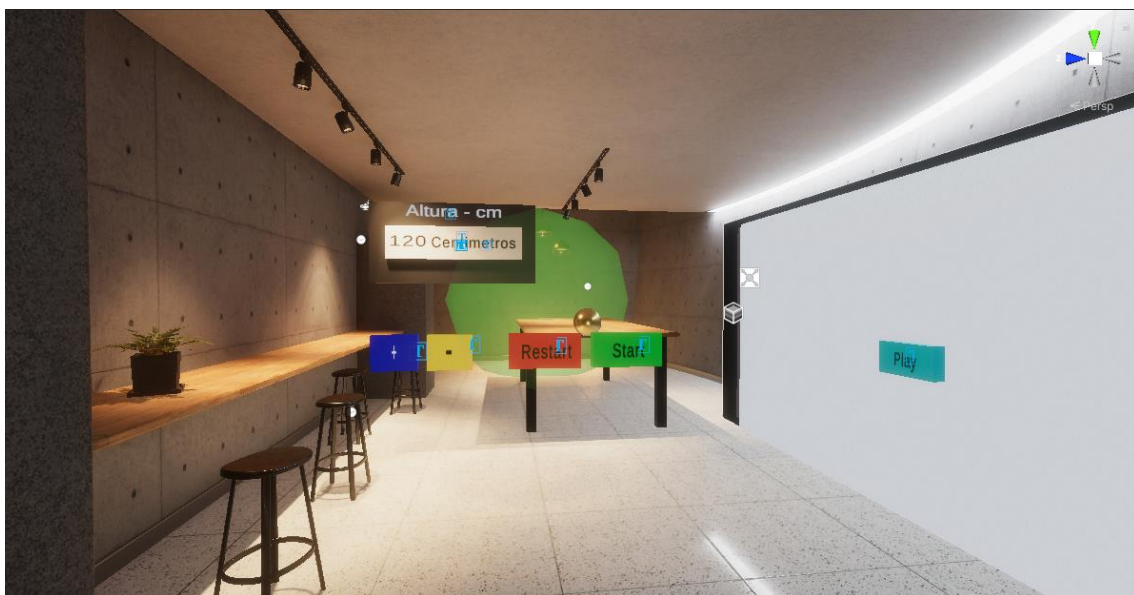


Figura 4.7.2: Laboratorio 2 funcional

Para el desarrollo del experimento de caída libre, se ha implementado una interfaz interactiva que hace uso de cinco botones fundamentales para un control preciso y una comprensión exhaustiva del proceso. Estos botones, "Start", "Reiniciar", "Aumentar", "Disminuir" y "Play", desempeñan roles esenciales en el experimento, permitiendo un enfoque personalizado y detallado. Al presionar el

botón "Start", se inicia el experimento, permitiendo que la esfera comience su descenso desde la altura especificada. Si se requiere un reinicio, el botón "Reiniciar" devuelve el experimento a sus condiciones iniciales, asegurando un punto de partida consistente para su repetición.

Los botones "Aumentar" y "Disminuir" posibilitan la modificación de la altura de inicio de la esfera, lo que facilita la exploración de diversos escenarios. Sin embargo, uno de los aspectos más destacados es el botón "Play", el cual desencadena la visualización del diagrama de distancia/tiempo del experimento de caída libre. A través de este diagrama, se representa de manera gráfica cómo la altura de la esfera disminuye con respecto al tiempo, permitiendo una comprensión visual y cuantitativa de la trayectoria de caída. En resumen, esta configuración de botones confiere una herramienta versátil para examinar la física subyacente de la caída libre, y el botón "Play" en particular nos brinda una representación gráfica clara y concisa de la relación entre la altura y el tiempo durante el proceso de caída.

Codificación de los botones: Este código pertenece a la clase "HeightOnOffActivatorMinus". Su objetivo principal es controlar la activación y desactivación de una serie de componentes denominados "SizeOnOffX", donde X varía de 70 a 200 en incrementos de 10.. El código utiliza una variable "f" para determinar cuál componente debe activarse y cuál debe desactivarse en función de la altura almacenada en "HeightStorage.l".

Dentro del método "Iniciar()", el código obtiene el valor actual de "f" desde "HeightStorage.l" y lo reduce en 10. Luego, en función del valor de "f", activa el componente "SizeOnOffX" correspondiente y desactiva el componente anterior

en la secuencia. Esto se lleva a cabo en un patrón ascendente, comenzando desde 200 y llegando a 70, y actualizando "HeightStorage.!" para reflejar el componente activado actualmente.

Esta clase se encarga de controlar la activación y desactivación de una serie de componentes según un patrón específico, lo que aparentemente está relacionado con cambios de tamaño, propiedades o características en un contexto más amplio de diseño de juegos o experimentos en Unity.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS DEL PROYECTO

En este capítulo nos adentraremos en la revelación de los resultados obtenidos a lo largo de nuestra investigación. Este capítulo representa un punto crucial en nuestro trabajo, ya que aquí presentaremos de manera detallada y exhaustiva los hallazgos que hemos logrado a partir de nuestros métodos y enfoques de investigación.

5.1 Análisis de resultados

En cumplimiento con los objetivos de investigación planteados, se logró el diseño y desarrollo exitoso de un entorno de Realidad Virtual (RV) destinado a la demostración de experimentos de laboratorio de física. La creación de este entorno virtual representó un paso significativo en la incorporación de tecnología avanzada en la educación, específicamente en el ámbito de la enseñanza de la mecánica. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con los objetivos generales y específicos de la investigación.

5.2 Investigación Documental y Fundamentos Teóricos

La investigación documental realizada sobre el avance tecnológico y las herramientas para el desarrollo de entornos virtuales aplicados a los procesos de enseñanza y aprendizaje proporcionó una base sólida para el diseño de nuestro entorno de RV. La comprensión de los principios pedagógicos subyacentes en la creación de experiencias educativas inmersivas en 3D

contribuyó de manera significativa al diseño de actividades interactivas y envolventes.

5.3 Prácticas de laboratorios virtuales

En consonancia con los objetivos específicos, se diseñaron y desarrollaron dos prácticas de laboratorio virtuales: una centrada en el concepto de caída libre y la otra en colisiones. Estos experimentos virtuales fueron implementados en el entorno de Unity 3D utilizando la plataforma de desarrollo Visual Studio para la codificación. La aplicación de los conceptos teóricos a través de la interacción directa con los experimentos virtuales proporcionó una experiencia de aprendizaje dinámica y visualmente atractiva para los estudiantes.

2.4. Modelado 3D y Experiencia de Usuario

La aplicación de métodos y técnicas ágiles de modelado de objetos y componentes 3D permitió la creación de un entorno virtual realista y detallado. Los laboratorios virtuales diseñados presentaron modelos 3D precisos de los equipos e instrumentos de laboratorio utilizados en los experimentos reales. Esta atención al detalle no solo mejoró la autenticidad de las simulaciones, sino que también contribuyó a una experiencia de usuario más inmersiva y enriquecedora.

2.5. Guía de Uso del Entorno Virtual de Experimentos de Física en Realidad Virtual

Como resultado de este proyecto, se elaboró una guía detallada para las prácticas de laboratorio virtuales desarrolladas. Esta guía proporciona a los educadores y estudiantes una descripción paso a paso de cómo acceder a los experimentos virtuales, realizar las interacciones pertinentes y comprender los resultados obtenidos. La guía facilita la integración efectiva de las prácticas

virtuales en el plan de estudios y enriquece la experiencia educativa en el aula, esta guía se basó en una serie de puntos clave que se consideraron esenciales para su elaboración:

1. **Acceso Intuitivo:** La guía se enfoca en proporcionar a los usuarios una introducción clara y sencilla al entorno virtual. Se presta especial atención a asegurar que el proceso de acceso a los experimentos virtuales sea lo más intuitivo posible.
2. **Interacción Detallada:** Se brinda una descripción paso a paso de cómo llevar a cabo interacciones significativas dentro del entorno virtual. Esto incluye cómo manipular objetos, realizar mediciones y observar resultados.
3. **Contextualización Educativa:** La guía se esfuerza por contextualizar cada experimento dentro del marco educativo. Se explican los conceptos físicos subyacentes y se destaca la relevancia de los experimentos para la comprensión de la física.
4. **Resolución de Problemas:** Se incluyen secciones dedicadas a la solución de problemas comunes que los usuarios puedan encontrar durante la utilización de la aplicación. Esto ayuda a superar obstáculos técnicos de manera eficiente.
5. **Instrucciones Visuales:** La guía se enriquece con imágenes y capturas de pantalla que ilustran cada paso del proceso. Esto facilita aún más la comprensión y la aplicación práctica de las instrucciones.

6. **Evaluación de Resultados:** Se proporcionan orientaciones sobre cómo analizar y comprender los resultados de los experimentos virtuales. Esto ayuda a los usuarios a extraer un valor educativo completo de la experiencia.
7. **Integración Curricular:** Se sugieren enfoques para la integración efectiva de las prácticas virtuales en el plan de estudios educativo, maximizando así su utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
8. **Sugerencias de Mejora:** Se alienta a los usuarios a ofrecer retroalimentación y sugerencias para mejorar aún más el entorno virtual y la guía en sí.

Al inicio del programa, se facilitó a los usuarios un recurso adicional para mejorar su experiencia: un cuadro informativo que presentaba una imagen detallada de los diversos botones y controles utilizados para la navegación y la interacción en el laboratorio virtual. Este recurso gráfico brindó a los usuarios una referencia visual clara y accesible para comprender y utilizar eficazmente las funciones del entorno virtual. Facilitar esta referencia visual demostró ser especialmente útil para que tanto educadores como estudiantes se familiarizaran rápidamente con la interfaz y maximizaran su provecho de la experiencia educativa en el laboratorio de física en Realidad Virtual.

La guía completa para el uso del Entorno Virtual de Experimentos de Física en Realidad Virtual se encuentra detalladamente documentada en la sección de anexos de este trabajo. En esta sección, los usuarios encontrarán una descripción minuciosa de los botones y controles utilizados para la navegación y

la interacción en el laboratorio virtual. Además, se proporcionan instrucciones detalladas sobre cómo llevar a cabo cada uno de los experimentos disponibles en el entorno virtual, garantizando así su correcta ejecución y maximizando el valor educativo de la experiencia. La sección de anexos se presenta como un recurso complementario fundamental que enriquece la comprensión y el aprovechamiento de esta innovadora herramienta educativa.

5.5.1 Exploración del Laboratorio

Recuerda que en el laboratorio se encuentran ubicados los dos experimentos en áreas separadas. Puedes moverte por el entorno utilizando las teclas de movimiento y explorar cada uno de los experimentos para comprender su funcionamiento.

La guía proporcionada te ayudará a interactuar con éxito con los experimentos de caída libre y choque de colisiones dentro del entorno virtual de Realidad Virtual. Experimenta, observa y comprende los conceptos de física de manera interactiva y visualmente impactante. ¡Disfruta del proceso de aprendizaje inmersivo que ofrece esta tecnología avanzada!

2.6. Experimento de Caída Libre: Resultados y Detalles

El experimento de caída libre simulado en el entorno de Realidad Virtual (RV) presentó resultados significativos que respaldan la efectividad de esta metodología para la enseñanza de la física. Para llevar a cabo este experimento, se diseñó un modelo tridimensional de un objeto en caída libre y se implementaron interacciones que permitieran a los usuarios controlar y observar el proceso de caída.

Los resultados de este experimento demostraron la capacidad del entorno de RV para visualizar y comprender conceptos de física fundamentales. Los usuarios pudieron interactuar directamente con el objeto en caída, ajustar variables como la altura de la caída y el tiempo de caída, y observar en tiempo real cómo la velocidad y la distancia variaban durante el proceso. Esta interacción dinámica con las variables del experimento ayudó a los estudiantes a internalizar las relaciones entre la distancia recorrida y el tiempo transcurrido, lo que es esencial para comprender el concepto de aceleración debida a la gravedad.

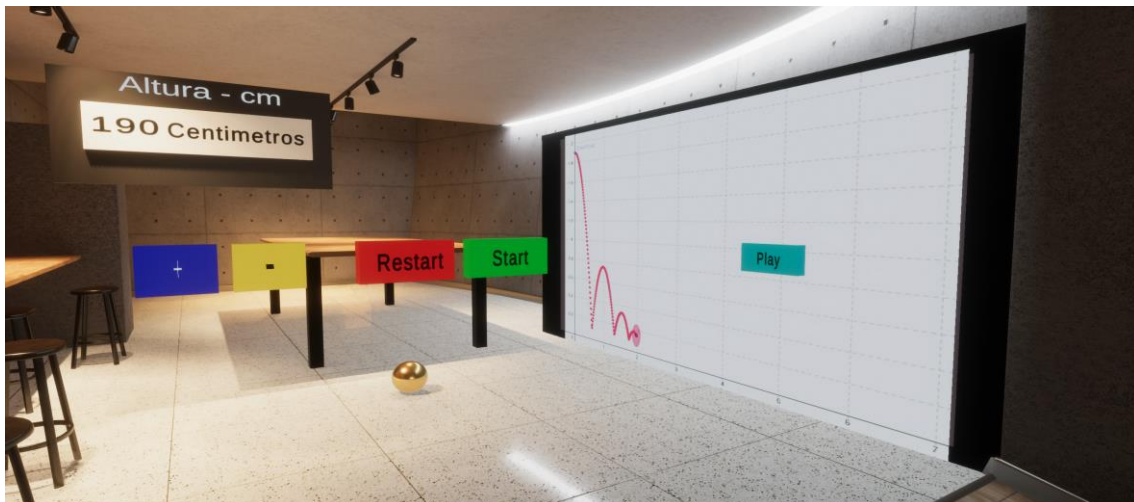


Figura 5.6: Laboratorio de Caída libre

5.6.1 Análisis de las Fórmulas Utilizadas en el Experimento de Caída Libre y su Aplicación en Unity

En el experimento de caída libre implementado en el entorno de Realidad Virtual (RV), se emplearon fórmulas fundamentales de la cinemática para simular el movimiento de la esfera en caída y generar el diagrama de distancia-tiempo que se observa en la imagen adjunta. Estas fórmulas, junto con las herramientas

de modelado y programación en Unity, fueron esenciales para lograr una representación realista y precisa del proceso de caída libre.

5.6.2 Formulas utilizadas

1. **Posición en Función del Tiempo (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado - MRUA):** La posición de la esfera en función del tiempo en un movimiento vertical es determinada por la ecuación:

$$s(t) = s_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2, \tag{5.6.2a}$$

donde $s(t)$ es la posición en función del tiempo t ; s_0 es la posición inicial, en el caso del **experimento** es la altura desde donde se libera la esfera; v_0 es la velocidad inicial, la cual tiene un valor cero ya que la esfera se libera desde el reposo; y g es la aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s^2). La convención establece que la dirección de movimiento hacia arriba es positiva y hacia abajo es negativa.

2. **Velocidad en Función del Tiempo:** La velocidad de la esfera en función del tiempo puede obtenerse derivando la ecuación de la posición con respecto al tiempo:

$$v(t) = v_0 - gt, \tag{5.6.2b}$$

donde $v(t)$ es la velocidad en un tiempo t .

3. **Gráfico de distancia-tiempo:** Al trazar el gráfico de $s(t)$ contra t , podemos visualizar la relación entre la distancia recorrida por la esfera y el tiempo transcurrido.

Aplicación en Unity:

Para lograr la representación visual y práctica de estas fórmulas en Unity, se implementaron diversos elementos:

1. **Modelado 3D:** Se diseñó un modelo tridimensional de la esfera en Unity, con su posición inicial, tamaño y materiales adecuados.
2. **Programación de la Física:** Utilizando scripts de programación en C# dentro de Unity, se aplicaron las fórmulas de la cinemática para calcular y actualizar la posición y velocidad de la esfera en cada paso de tiempo.
3. **Interacción del Usuario:** Los botones "+" y "-" permitieron al usuario ajustar la altura inicial de la esfera y, por ende, la posición inicial s_0 .
4. **Creación del Gráfico de Distancia-Tiempo:** Al iniciar el experimento y registrar los valores de posición y tiempo en cada iteración, se generaron los datos necesarios para construir el gráfico de distancia-tiempo, proporcionando una representación visual en tiempo real del proceso de caída.

La integración de estas fórmulas y técnicas de programación permitió crear una simulación realista y educativa de la caída libre en Unity. La visualización del gráfico de distancia-tiempo brindó a los usuarios una

representación tangible de los conceptos de aceleración y movimiento en caída libre, y cómo cambian en función del tiempo y la posición.

- **Codificación de los rebotes de la esfera:** La simulación también permitió demostrar el principio de que todos los objetos en caída libre, independientemente de su masa, experimentan la misma aceleración. Los estudiantes pudieron comparar y contrastar los resultados obtenidos para diferentes objetos virtuales, confirmando así la teoría de Galileo sobre la caída libre en un entorno visual y práctico.

En conjunto, los resultados del experimento de caída libre en el entorno de RV destacaron cómo la tecnología de simulación 3D puede mejorar la comprensión conceptual al permitir que los estudiantes exploren fenómenos físicos en un entorno controlado y visualmente enriquecedor. La interacción directa con las variables del experimento y la capacidad de observar el proceso desde múltiples perspectivas contribuyeron a un aprendizaje más profundo y a una mayor retención de los conceptos clave de la mecánica.

Esta experiencia reforzó la idea de que el entorno de RV puede ser una herramienta valiosa para enseñar conceptos abstractos y desafiantes en física, proporcionando a los estudiantes una plataforma interactiva para experimentar y comprender fenómenos naturales en un contexto virtual controlado y seguro.

2.7. Experimento de Choque de Colisiones: Resultados y Detalles

El experimento de choque de colisiones, implementado en el entorno de Realidad Virtual (RV), demostró una aplicación práctica y efectiva de la tecnología para enseñar conceptos clave de colisiones elásticas e inelásticas en física. Para llevar a cabo este experimento, se creó un modelo tridimensional de

dos esferas que representaban los objetos en colisión, y se incorporaron interacciones controladas por el usuario a través de cuatro botones para variar la fuerza del impulso.

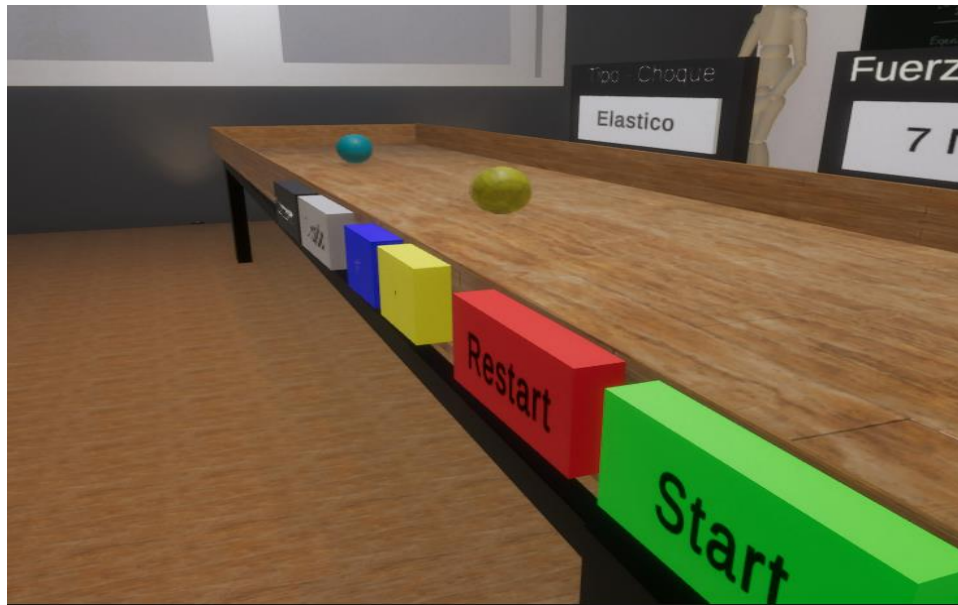


Figura 5.6: Choque de colisiones

Los resultados de este experimento revelaron la utilidad del entorno de RV como una herramienta de aprendizaje interactiva. Los estudiantes pudieron explorar directamente las consecuencias de diferentes fuerzas de impulso en los resultados de la colisión. Al interactuar con los botones para ajustar la fuerza de impulso, los usuarios observaron cómo la velocidad y la dirección de las esferas cambiaban, lo que a su vez afectaba el tipo de colisión resultante.

5.7.1 Análisis de los Resultados del Experimento de Choque de Colisiones y su Implementación en Unity

En el contexto del experimento de choque de colisiones llevado a cabo en el entorno de Realidad Virtual (RV), se exploró con detalle la interacción entre dos esferas en función de la magnitud del impulso aplicado. Este experimento,

diseñado para demostrar los conceptos de colisiones elásticas e inelásticas, se benefició de fórmulas clave y la implementación de un código específico en Unity.

5.7.2 Fórmulas y Conceptos Clave

1. **Momento Lineal e impulso:** La cantidad de movimiento o momento lineal caracteriza el estado de un cuerpo en movimiento. Viene dada por la expresión

$$P = mv, \tag{5.7.2a}$$

Donde m es la masa del cuerpo y v es su velocidad. Se está considerando movimiento en una dimensión.

El impulso J es una magnitud vectorial que representa la variación del momento lineal o cantidad de movimiento de un objeto debido a una fuerza aplicada sobre él en un intervalo de tiempo Δt . El impulso se define como

$$J = \Delta P = P_f - P_o, \tag{5.7.2b}$$

donde P_f y P_o son las cantidades de movimiento en el tiempo final e inicial respectivamente. Así, se puede considerar a una fuerza como

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P_f - P_o}{t_f - t_o}. \tag{5.7.2c}$$

Expresión que al manipular matemáticamente resulta en la conocida ecuación de la fuerza:

$$F = \frac{P_f - P_0}{t_f - t_0} = \frac{mP_f - mP_0}{t_f - t_0} = m \left(\frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} \right) = ma, \quad (5.7.2d)$$

siendo a la aceleración del cuerpo.

De las ecuaciones anteriores se deduce que $J = F\Delta t$, donde F es la fuerza aplicada en el intervalo de tiempo Δt . En el experimento, la variación del impulso se traduce en cambios en la velocidad y dirección de las esferas en colisión.

2. **Colisión Elástica e Inelástica:** En una colisión hay dos cantidades físicas a considerar: el momento lineal y la energía cinética del sistema compuesto por los dos cuerpos que chocan. La primera cantidad siempre se conserva antes y después de la colisión, así tenemos:

$$P_0 = m_1v_{01} + m_2v_{02} \quad \text{y} \quad P_f = m_1v_{f1} + m_2v_{f2}, \quad (5.7.2e)$$

donde P_0 y P_f corresponden a la cantidad de movimiento del sistema antes y después de la colisión respectivamente, por la ley de la conservación del momento $P_0 = P_f$; m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos que intervienen en la colisión y; v_{0i} y v_{fi} (para $i = 1,2$) son las velocidades de los cuerpos antes y después de la colisión respectivamente. En la aplicación se simulan solamente choques lineales frontales, por lo que las velocidades pueden ser hacia la izquierda o la derecha. La convención

establece que la dirección de movimiento hacia la derecha es positiva y hacia la izquierda es negativa. También se consideran las iguales las masas de los cuerpos, por lo que la ecuación final para el momento lineal queda

$$(v_{01} + v_{02}) = (v_{f1} + v_{f2}). \quad (5.7.2f)$$

La energía cinética del sistema da cuenta del tipo de colisión. Si la energía cinética se conserva se tiene un **choque elástico**, por el contrario, hablamos de **choque inelástico**.

$$K_0 = \frac{1}{2}m_1v_{01}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{02}^2 \quad \text{y} \quad K_f = \frac{1}{2}m_1v_{f1}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{f2}^2, \quad (5.7.2g)$$

donde K_0 y K_f corresponden a la energía cinética del sistema antes y después de la colisión respectivamente. Nuevamente, considerando objetos de igual masa en la colisión elástica se obtiene

$$v_{01}^2 + v_{02}^2 = v_{f1}^2 + v_{f2}^2 \quad (5.7.2h)$$

La relación entre la magnitud del impulso y el resultado de la colisión (elástica o inelástica) permite explorar estos conceptos fundamentales.

5.7.2 Aplicación en Unity y el Código Proporcionado

El código suministrado desempeña un papel esencial en la ejecución del experimento y la visualización de las colisiones en Unity. A través de esta implementación, se establecen las condiciones que permiten la simulación y

observación de los resultados de colisiones elásticas e inelásticas. Aquí se detallan aspectos clave del código y cómo estos contribuyen al experimento:

1. **Iniciar y Reiniciar Experimento:** Los métodos **Iniciar()** y **Reiniciar()** permiten que el usuario inicie y restablezca el experimento respectivamente. El método **Iniciar()** aplica un impulso en la dirección opuesta a la esfera, simulando el choque, mientras que **Reiniciar()** pone las esferas en sus posiciones y condiciones iniciales.
2. **Interacción con el Entorno:** La función **OnCollisionEnter()** detecta las colisiones con el suelo y controla el comportamiento de las esferas al entrar en contacto con él. Esta lógica asegura que las esferas interactúen con el entorno y no continúen cayendo indefinidamente.
3. **Ajuste de Magnitud del Impulso:** La variable **h** en el código determina la magnitud del impulso, que puede ser ajustada a través de los botones "+" y "-". Cambiar esta magnitud impacta directamente en la velocidad de las esferas y, por consiguiente, en la naturaleza de la colisión.

La implementación de fórmulas y conceptos clave en el código y su traducción a Unity permiten visualizar de manera tangible cómo la variación en la magnitud del impulso influye en el resultado de las colisiones. Los usuarios pueden observar cómo las esferas se comportan en colisiones elásticas e inelásticas en un entorno virtual controlado. Este enfoque de aprendizaje práctico y experimental facilita la comprensión y aplicación de los conceptos fundamentales de la física de colisiones, proporcionando una experiencia educativa más inmersiva y significativa. Al simular choques elásticos e inelásticos, los estudiantes pudieron comprender y visualizar las diferencias

fundamentales entre estos dos tipos de colisiones. La capacidad de observar cómo las esferas rebotaban o se quedaban unidas después del impacto brindó una perspectiva tangible de los conceptos teóricos. Además, el entorno de RV permitió a los estudiantes experimentar colisiones desde diferentes ángulos y distancias, lo que enriqueció su comprensión de los principios de conservación del momento y la energía en colisiones.

Codificación del primer laboratorio: La interacción activa con los botones para controlar la magnitud del impulso proporcionó una experiencia práctica en la manipulación de variables físicas. Los estudiantes pudieron relacionar directamente sus acciones con los resultados observados, lo que fomentó una comprensión más profunda y una conexión más sólida entre la teoría y la práctica.

Los resultados del experimento de choque de colisiones en el entorno de RV destacaron cómo la tecnología puede proporcionar un enfoque interactivo y visualmente atractivo para comprender conceptos de colisiones en la física. La combinación de modelos 3D realistas, interacciones controladas por el usuario y la capacidad de observar y experimentar con colisiones desde múltiples perspectivas demostró ser altamente efectiva para mejorar la comprensión conceptual y la aplicación práctica de la teoría de colisiones.

El diseño y desarrollo del entorno de Realidad Virtual para la demostración de experimentos de laboratorio de física resultó en la creación exitosa de un recurso educativo innovador y atractivo. Los resultados obtenidos respaldan la viabilidad y efectividad de la utilización de entornos virtuales en la enseñanza de conceptos complejos de física, brindando a los estudiantes la oportunidad de

explorar y comprender fenómenos físicos de manera interactiva y visualmente impactante.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

En esta sección, presentamos los hallazgos más significativos derivados del diseño y desarrollo del entorno de Realidad Virtual (RV) destinado a la demostración de experimentos de laboratorio de física. A lo largo de este proyecto, hemos trabajado para lograr los objetivos de investigación, que se centran en la creación de un entorno virtual inmersivo para simular actividades prácticas de laboratorio relacionadas con la asignatura de mecánica. A continuación, destacamos los principales hallazgos y sus implicaciones tanto en términos prácticos como teóricos.

Experimento de Caída Libre: Resultados y Conclusiones

La simulación del experimento de caída libre dentro del entorno de RV resultó en una herramienta de enseñanza altamente efectiva para comprender los principios fundamentales de la mecánica. Los resultados de este experimento revelaron que la interacción directa con un modelo tridimensional en caída, combinada con la variación de variables controladas por el usuario, permitió a los estudiantes comprender de manera profunda y visual el concepto de aceleración debida a la gravedad y las relaciones entre distancia y tiempo en un movimiento uniformemente acelerado.

La simulación también demostró con éxito la igualdad de la aceleración debida a la gravedad en todos los objetos en caída libre, independientemente de su masa. Esta confirmación visual de la teoría de Galileo sobre la caída libre aporta claridad a un concepto histórico y fundamental en la física clásica.

La experiencia interactiva y visual en el experimento de caída libre en el entorno de RV resaltó la capacidad de la tecnología para potenciar el aprendizaje

al proporcionar una representación vívida de fenómenos naturales. La observación directa del proceso de caída, la manipulación de variables y la relación entre conceptos teóricos y observaciones prácticas ofrecieron una experiencia educativa enriquecedora y cautivadora.

Experimento de Choque de Colisiones: Resultados y Conclusiones

La implementación del experimento de choque de colisiones en el entorno de RV demostró cómo la tecnología puede ser utilizada para explorar conceptos más avanzados en la física, como las colisiones elásticas e inelásticas. Los resultados obtenidos en este experimento subrayaron la eficacia de la interacción controlada por el usuario en la comprensión de los principios de conservación del momento y la energía en las colisiones.

La posibilidad de ajustar la fuerza del impulso a través de botones permitió a los estudiantes observar directamente cómo diferentes fuerzas afectan los resultados de las colisiones. Esta experiencia interactiva proporcionó una base sólida para comprender las diferencias entre los tipos de colisiones, y cómo los cambios en la velocidad y la dirección de los objetos afectan los resultados finales.

El experimento de choque de colisiones en el entorno de RV reforzó la idea de que la tecnología puede facilitar la comprensión de conceptos complejos al permitir a los estudiantes manipular variables y observar resultados en tiempo real. La interacción práctica con las colisiones, respaldada por una representación visual precisa, mejoró la asimilación y retención de los conceptos de física.

Impacto en la Enseñanza y el Aprendizaje

En conjunto, los resultados de ambos experimentos destacan el potencial de los entornos de RV para revolucionar la enseñanza y el aprendizaje de la física. La tecnología permite que los estudiantes se sumerjan en conceptos abstractos y experimenten fenómenos de manera interactiva y visualmente impactante. La creación de un entorno virtual para la demostración de experimentos de laboratorio de física ofrece una oportunidad valiosa para reforzar la comprensión de los conceptos teóricos a través de la experiencia práctica.

La combinación de modelos 3D realistas, interacción controlada por el usuario y la posibilidad de observar y experimentar con fenómenos físicos desde múltiples perspectivas se traduce en un enfoque educativo más envolvente y efectivo. La enseñanza de la física a través de la RV puede inspirar a los estudiantes a explorar conceptos científicos de manera activa, impulsando una comprensión más profunda y duradera.

Conclusiones Finales

Los resultados obtenidos a través del diseño y desarrollo del entorno de RV para la demostración de experimentos de laboratorio de física sugieren un potencial significativo en la aplicación de la tecnología en el ámbito educativo. Si bien el laboratorio virtual creado representa un avance importante en la enseñanza de la física, es importante destacar que esta afirmación se basa en observaciones y percepciones preliminares.

Aunque el laboratorio virtual cumple con los objetivos propuestos y muestra un enfoque prometedor para la enseñanza, es importante señalar que se requiere una validación más rigurosa y análisis estadísticos para

demostrar de manera concluyente su impacto en la educación. La medición de la eficacia de esta tecnología mediante métodos científicos, como la evaluación por expertos y estudios comparativos con métodos tradicionales de enseñanza, representa un paso esencial para respaldar de manera empírica la afirmación sobre el valor de la tecnología en la educación.

Este proyecto sienta las bases para futuras investigaciones que profundicen en la efectividad y las implicaciones de la tecnología de RV en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, destacando así la importancia de seguir aplicando el método científico en el ámbito educativo.

RECOMENDACIONES

Basándonos en los resultados y observaciones obtenidos a lo largo de este proyecto de investigación, se derivan las siguientes recomendaciones:

1. **Evaluación Empírica:** Se recomienda llevar a cabo una evaluación empírica más extensa y rigurosa del entorno virtual de experimentos de física en el contexto educativo. Esto incluye la realización de estudios comparativos con métodos de enseñanza tradicionales para determinar su efectividad y beneficios reales en el proceso de aprendizaje.
2. **Participación de Expertos:** Invitar a expertos en educación y física a evaluar y revisar el contenido y la metodología utilizada en el laboratorio virtual. Su experiencia puede proporcionar valiosas perspectivas sobre cómo mejorar la efectividad educativa.
3. **Adaptación Curricular:** Explorar la posibilidad de integrar de manera más integral el laboratorio virtual en el plan de estudios de física en

instituciones educativas. Esto requerirá una colaboración estrecha entre educadores y desarrolladores tecnológicos para asegurar una transición suave y efectiva.

4. **Actualización Continua:** Dado que la tecnología de realidad virtual está en constante evolución, se sugiere mantener el laboratorio virtual actualizado con las últimas innovaciones tecnológicas y pedagógicas para asegurar su relevancia y efectividad a lo largo del tiempo.
5. **Recopilación de Retroalimentación:** Fomentar la retroalimentación constante de estudiantes y educadores que utilicen el laboratorio virtual. Sus comentarios pueden ayudar a identificar áreas de mejora y personalización.
6. **Expansión de Contenido:** Considerar la expansión del contenido disponible en el laboratorio virtual para abordar una variedad más amplia de conceptos de física y experimentos.
7. **Consideración de Herramientas y Posibles Percances:** Al desarrollar y mantener el laboratorio virtual, es crucial tener en cuenta las herramientas tecnológicas disponibles y sus limitaciones. Esto incluye estar preparado para enfrentar posibles bugs o la falta de funcionalidades necesarias en las herramientas utilizadas para crear experimentos virtuales.

Estas recomendaciones se basan en la idea de mejorar y perfeccionar el uso de la tecnología de realidad virtual en la enseñanza de la física, y se espera que contribuyan al enriquecimiento continuo de la experiencia educativa en el

campo de la física, considerando tanto las herramientas disponibles como los posibles percances técnicos.

REFERENCIAS

- Akcayır, M., & Akcayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Barroso, J., Sevillano, M. L., & Rodríguez, A. B. (2019). Virtual reality in higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 137, 62-74.
- Bogner, K., Geierhofer, B., & Zeppelzauer, M. (2019). A Comparative Analysis of Display Technologies for Immersive Virtual Reality in the Industrial Context. In 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) (pp. 1379-1388). IEEE.
- Cai, H., Zhang, T., Zhang, X., & Yang, L. T. (2018). A Survey on Virtual Reality from Quality of Service Perspective. *IEEE Access*, 6, 48045-48056.
- Chen, C. M., Wang, C. Y., & Chen, C. H. (2017). Science education in augmented reality: A review. *Educational Technology & Society*, 20(2), 110-123.
- Chen, J., Yang, J., & Hu, Y. (2019). A survey on the applications of virtual reality in education. *Tsinghua Science and Technology*, 24(3), 322-335.
- Chen, Y., & Wang, F. (2017). Design and Implementation of VR Application Based on Unity 3D. In 2017 3rd International Conference on Frontiers of Signal Processing (ICFSP) (pp. 7-11). IEEE.
- Chen, X., Ruan, H., Liu, L., Wang, R., & Xie, X. (2018). A Comparative Study of Input Devices for Virtual Reality. In 2018 24th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC) (pp. 1-5). IEEE.
- Cuevas, C., Sanchez, J., & Cuevas, J. (2019). Using Virtual Reality in Physics Education: Effects on Student Motivation and Learning. *International Journal of Engineering Education*, 35(3), 949-957.
- Dede, C. (2017). Immersive technologies in education: AR, VR, MR, and XR. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 103-118). Springer.
- Finkelstein, N., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., ... & Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Hernández, V., Montero, F., Dormido, R., & Dormido, S. (2020). Virtual reality experiments in physics education: A systematic literature review. *Computers & Education*, 144, 103701.
- Holmes, N. G. (2003). Hands-on physics education: Experimental investigations with computerized measurement devices. *Review of scientific instruments*, 74(2), 779-791.
- Huang, Y. M., Liang, T. H., Su, Y. N., & Chen, N. S. (2020). Exploring the effects of virtual reality on learning: A meta-analysis of empirical studies in education. *Computers & Education*, 156, 103961.

- Ke, F., Chao, J., & Chen, C. H. (2018). Examining the applications of virtual reality in learning: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(3), 819-832.
- Lee, M. J., Martin, F., & Merrill, M. (2018). Using augmented reality and virtual reality technologies for teaching in higher education: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1103-1129.
- Liu, C. Y., Hsiao, H. S., & Lee, J. H. (2018). Designing virtual reality learning environments for physics education: A review study. *Educational Technology & Society*, 21(1), 183-197.
- Li, L., Li, X., Xie, H., Li, Q., Li, C., & Jin, L. (2019). A Review of the Application of Virtual Reality Technology in Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1159(4), 042102.
- Li, X., Li, L., Li, Q., & Liu, L. (2020). The Application of Virtual Reality Technology in the Teaching of Optics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1575(3), 032006.
- Pellas, N. (2017). Virtual reality in education: A tool for learning in the experience age. *International Journal of Information and Learning Technology*, 34(3), 189-200.
- McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. *American journal of physics*, 60(11), 1003-1013.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Sánchez, C. A., Rebolledo-Mendez, G., Nussbaum, M., & Tchounikine, P. (2017). Toward the design of augmented reality virtual experiments for physics education. *Computers in Human Behavior*, 76, 431-437.
- Sánchez, J., Dormido, S., Pastor, R., & Dormido-Canto, S. (2019). A review of virtual reality simulators for physics education. *Computers & Education*, 138, 62-78.
- Santos, I. M., Chambel, T., & Dinis, J. (2020). Virtual Reality and Education: A Meta-Analysis of the Impact of Virtual Reality on Learning. *Journal of Educational Computing Research*, 58(4), 1079-1111.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann.
- Slater, M., & Wilbur, S. (2017). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. (24 de marzo de 2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997/full>
- Skarbez, R., Brooks, F., & Whitton, M. C. (2021). Virtual reality. In *The Immersive Classroom: Education in the Age of Virtual and Augmented Reality* (pp. 7-23). Springer.

Wang, Y., Du, J. T., Liang, X. Z., Liu, X., & Zhou, F. (2019). The Impact of Virtual Reality on Academic Performance: Evidence from Experimental and Quasi-Experimental Studies. *Educational Technology & Society*, 22(4), 16-30

- [1] López, B. (2002). Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluadores de auxiliares didácticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 115-132.
- [2] García Sastre, P., Insuasti M., J., & Merino, M. (1999). Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 533-542.
- [3] Gil Perez, D., Furio Mas, C., Valdes, P., Salinas, J., Martinez Torregrosa, J., Guisasola, G., y otros. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 311-320.
- [4] Campelo Arruda, J. R., & Marin Antuña, J. (2001). Un sistema didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 329-349.
- [5] Ubaque Brito, K. Y. (2009). Experimento: una herramienta fundamental para la enseñanza de la física. *Góndola*, 4(1), 35-40.
- [6] Kurki- Suonio, T., & Hakola, A. (2007). Coherent teaching and need-based learning in science: an approach to teach engineering students in basic physics courses. *European Journal of Engineering Education*, 367-374
- [7] R. Bowen Loftin, "Entornos virtuales para la formación aeroespacial", WESCON/94. Idea/Microelectrónica. Registro de la conferencia, págs. 384-387, 1994.
- [8] Algán, S. (1999). La influencia de la computadora basada enseñanza de la física en el éxito de los estudiantes y programas modernos de matemáticas y ciencias aplicados en pavo en los años entre 1962 y 1985. Ankara: Gazi Universidad / Instituto de la ciencia (inédito Maestría Tesis).
- [9] Adachi, R., Cramer, EM, Song, H.: Uso de la realidad virtual para el marketing turístico: un papel mediador de la autopresencia. *Soc. ciencia J.* 1–14 (2020). <https://doi.org.vpn.ucacue.edu.ec/10.1080/03623319.2020.1727245>
- [10] Potkonjak, V., Petrović, VM Encuesta de laboratorios virtuales y entornos virtuales con énfasis en aplicaciones en robótica (2014) Actas de la 1ra Conferencia Internacional sobre Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática (Icetran 2014), pp. 1-6. Vrnjačka Banja, Serbia.
- [11] Baranov, A.V. The virtual laboratory practicum (2012) *Strings Waves Projects Design Physics in Higher Education*, 18 (2), pp. 71-82. (in Russian)
- [12] Hodges, G.W., Wang, L., Lee, J., Cohen, A., Jang, Y. An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms (Open Access) (2018) *Computers and Education*, 122, pp. 179-193. <http://www.journals.elsevier.com/computers-and-education/> doi: 10.1016/j.compedu.2018.03.003
- [13] Anderson, N. H. (1981). *Foundations of information integration theory*. New York: Academic Press.
- [14] Serway, Raymond A., y Jewett Jhon W., *Física para ciencias e ingeniería*, 10ma. Ed., Tomo I. CENGAGE, México DF, 2018.

- [15] Página oficial de Unity 3d: <http://unity3d.com/unity/>
- [16] Página con un mini manual de Unity: http://cronicasdenix.hostzi.com/?page_id=56
- [17] Página con un manual de Unity 3D: <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/ProgramacionVideoJuegos/Unity3D/paso2b.html>
- [18] Página para importar texturas variadas: <http://www.cgtextures.com/>
- [19] Página con video tutoriales de Unity 3D: <http://www.spotnik-tv.com/dotclear/index.php?Tutos-unity-3d>
- [20] Página con información de Unity 3D: <http://as3.miguelmoraleda.com/es/tag/unity3d/>
- [21] tutoriales sobre Unity: <http://unity3d.com/support/resources/tutorials/>
- [22] Página para importar texturas: <http://www.cgtextures.com/>
- [23] Tutorial de unity 3D: <http://trinit.es/unity/tutoriales/10%20-%20Shaders%20Tutorial/10%20-%20Shaders%20Tutorial.pdf>
- [24] Tutorial de terrenos en unity: <http://es.scribd.com/doc/62192939/Tutorial-Terrenos-de-Unity-3D>
- [50] Tutorial de árboles en unity: "Unity Tree" <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/terrain-Trees.html>
- [25] <https://planetared.com/2015/02/unity-3d-la-herramienta-perfecta-para-crear-tus-videojuegos/>

ANEXO

Bryan David Guartatanga Loyola portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0106559248**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ENTORNO VR PARA LA DEMOSTRACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LABORATORIO DE FÍSICA” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **15 de Octubre de 2023**

F:

Bryan David Guartatanga Loyola

C.I. 0106559248

Guía de uso del Entorno Virtual

Navegación y controles básicos

- **Movimiento:** Utiliza las teclas AWS D para moverte por el ambiente virtual. La tecla "W" avanza hacia adelante, "S" retrocede, "A" se desplaza hacia la izquierda y "D" hacia la derecha.
- **Interacción:** Para agarrar objetos, presiona la tecla "E". Una vez que tengas un objeto agarrado, puedes soltarlo utilizando la tecla "R".
- **Interacción con Botones:** Utiliza el clic izquierdo del ratón para interactuar con los botones presentes en los experimentos.

Experimento de Caída Libre:

1. **Inicio:** Al entrar en el laboratorio, podrás observar el área del experimento de caída libre. Encuentra el panel de control con botones etiquetados.
2. **Ajuste de Altura:** Utiliza los botones "+" y "-" para aumentar o disminuir la altura de la esfera antes de comenzar el experimento. Esto simula distintas alturas de caída.
3. **Restart y Start:** Si deseas reiniciar el experimento, presiona el botón "RESTART". Para comenzar la caída, haz clic en el botón "START".
4. **Gráfica de Distancia-Tiempo:** Al hacer clic en el botón "PLAY", se generará una gráfica que muestra la relación entre la distancia y el tiempo de caída de la esfera. Observa cómo cambia la velocidad durante el proceso.

Experimento de Choque de Colisiones

1. **Ubicación:** Busca el área designada para el experimento de choque de colisiones dentro del laboratorio.
2. **Ajuste de Velocidad:** Utiliza los botones "+" y "-" para incrementar o reducir la velocidad de ambas esferas. Estos ajustes afectarán el resultado de la colisión.
3. **Tipo de Choque:** Escoge entre los botones "ELÁSTICO" e "INELÁSTICO" para seleccionar el tipo de colisión que deseas simular.
4. **Impulso y Resultados:** Ajusta la magnitud del impulso con los botones "+" y "-" que varían de 1 a 12. Esto determinará la velocidad de las esferas antes del choque. Luego, presiona el botón "START" para iniciar el experimento.
5. **Restart:** Si deseas realizar otro intento, utiliza el botón "RESTART".

Codificación de los programas

Movimiento del Personaje

```
public class PlayerMovement : MonoBehaviour
{
    public CharacterController controller;

    public float speed = 12f;
    public float gravity = -10f;
    public float jumpHeight = 2f;

    public Transform groundCheck;
    public float groundDistance = 0.4f;
    public LayerMask groundMask;

    Vector3 velocity;
    bool isGrounded;

    InputAction movement;
    InputAction jump;

    void Start()
    {
        movement = new InputAction("PlayerMovement", binding:
"<Gamepad>/leftStick");
        movement.AddCompositeBinding("Dpad")
            .With("Up", "<Keyboard>/w")
            .With("Up", "<Keyboard>/upArrow")
            .With("Down", "<Keyboard>/s")
            .With("Down", "<Keyboard>/downArrow")
            .With("Left", "<Keyboard>/a")
            .With("Left", "<Keyboard>/leftArrow")
            .With("Right", "<Keyboard>/d")
            .With("Right", "<Keyboard>/rightArrow");

        jump = new InputAction("PlayerJump", binding: "<Gamepad>/a");
        jump.AddBinding("<Keyboard>/space");

        movement.Enable();
        jump.Enable();
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        float x;
        float z;
        bool jumpPressed = false;

        var delta = movement.ReadValue<Vector2>();
        x = delta.x;
        z = delta.y;
        jumpPressed = Mathf.Approximately(jump.ReadValue<float>(), 1);
    }
}
```

```

x = Input.GetAxis("Horizontal");
z = Input.GetAxis("Vertical");
jumpPressed = Input.GetButtonDown("Jump");

isGrounded = Physics.CheckSphere(groundCheck.position, groundDistance,
groundMask);

if (isGrounded && velocity.y < 0)
{
    velocity.y = -2f;
}

Vector3 move = transform.right * x + transform.forward * z;

controller.Move(move * speed * Time.deltaTime);

if(jumpPressed && isGrounded)
{
    velocity.y = Mathf.Sqrt(jumpHeight * -2f * gravity);
}

velocity.y += gravity * Time.deltaTime;

controller.Move(velocity * Time.deltaTime);
}
}

```

Interacción con el entorno

```

public class CogerObjeto : MonoBehaviour
{
    public GameObject handPoint;
    public float fuerza;

    private GameObject pickedObject = null;

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        if (pickedObject != null)
        {
            if (Input.GetKey("r"))
            {
                pickedObject.GetComponent<Rigidbody>().useGravity = true;

                pickedObject.GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = false;

                pickedObject.gameObject.transform.SetParent(null);

                pickedObject = null;
            }
        }

        if (Input.GetMouseButtonDown(0))
        {
            pickedObject.transform.SetParent(null);
            pickedObject.GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = false;

            pickedObject.GetComponent<Rigidbody>().AddForce(transform.forward*fuerza,
            ForceMode.Impulse);
        }
    }
}

```

```

    }
}

private void OnTriggerStay(Collider other)
{
    if (other.gameObject.CompareTag("Objeto"))
    {
        if (Input.GetKey("e") && pickedObject == null)
        {
            other.GetComponent<Rigidbody>().useGravity = false;

            other.GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = true;

            other.transform.position = handPoint.transform.position;

other.gameObject.transform.SetParent(handPoint.gameObject.transform);

                pickedObject = other.gameObject;
            }
        }
    }
}

```

Diagrama de Caida Libre

```

public class Diagrama : MonoBehaviour
{
    public GameObject sphere;
    public float tiempo;
    public float distancia;

    private List<Vector3> positions = new List<Vector3>();
    private LineRenderer lineRenderer;

    private void Start()
    {
        lineRenderer = GetComponent<LineRenderer>();
    }

    public void AddPosition(Vector3 position)
    {
        positions.Add(position);
        lineRenderer.positionCount = positions.Count;
        lineRenderer.SetPosition(positions.Count - 1, position);
    }

    public void ClearPositions()
    {
        positions.Clear();
        lineRenderer.positionCount = 0;
    }

    public void SetTiempo(float t)
    {
        tiempo = t;
    }

    public void SetDistancia(float d)

```

```

    {
        distancia = d;
    }

    private void OnCollisionEnter(Collision collision)
    {
        if (collision.gameObject.tag == "Ground")
        {
            float d = Vector3.Distance(sphere.transform.position,
collision.contacts[0].point);
            Debug.Log("Distancia: " + d);
            SetDistancia(d);

            ClearPositions();
            SetTiempo(0f);
        }
    }
}

```

Control de la altura de los botones

```

public class HeightOnOffActivatorMinus : MonoBehaviour
{
    SizeOnOff70 sizeOnOff70;
    SizeOnOff80 sizeOnOff80;
    SizeOnOff90 sizeOnOff90;
    SizeOnOff100 sizeOnOff100;
    SizeOnOff110 sizeOnOff110;
    SizeOnOff120 sizeOnOff120;
    SizeOnOff130 sizeOnOff130;
    SizeOnOff140 sizeOnOff140;
    SizeOnOff150 sizeOnOff150;
    SizeOnOff160 sizeOnOff160;
    SizeOnOff170 sizeOnOff170;
    SizeOnOff180 sizeOnOff180;
    SizeOnOff190 sizeOnOff190;
    SizeOnOff200 sizeOnOff200;
    private float f;

    // Start is called before the first frame update
    public void Iniciar()
    {
        f = HeightStorage.l;
        f = f - 10;
        //if (f >= 14)
        //{
        //sizeOnOff14 = FindObjectOfType<SizeOnOff14>();
        //sizeOnOff14.Onsize();

        //SizeStorage.i = 14;
        //}
        if (f >= 200)
        {
            sizeOnOff200 = FindObjectOfType<SizeOnOff200>();
            sizeOnOff200.Offsize();

            HeightStorage.l = 200;
        }
        if (f >= 190)
        {
            sizeOnOff190 = FindObjectOfType<SizeOnOff190>();
            sizeOnOff190.Onsize();
        }
    }
}

```

```

        size0n0ff200 = FindObjectOfType<Size0n0ff200>();
        size0n0ff200.Offsize();

        HeightStorage.l = 190;
    }
    if (f == 180)
    {
        size0n0ff180 = FindObjectOfType<Size0n0ff180>();
        size0n0ff180.Onsize();
        size0n0ff190 = FindObjectOfType<Size0n0ff190>();
        size0n0ff190.Offsize();

        HeightStorage.l = 180;
    }
    if (f == 170)
    {
        size0n0ff170 = FindObjectOfType<Size0n0ff170>();
        size0n0ff170.Onsize();
        size0n0ff180 = FindObjectOfType<Size0n0ff180>();
        size0n0ff180.Offsize();

        HeightStorage.l = 170;
    }
    if (f == 160)
    {
        size0n0ff160 = FindObjectOfType<Size0n0ff160>();
        size0n0ff160.Onsize();
        size0n0ff170 = FindObjectOfType<Size0n0ff170>();
        size0n0ff170.Offsize();

        HeightStorage.l = 160;
    }
    if (f == 150)
    {
        size0n0ff150 = FindObjectOfType<Size0n0ff150>();
        size0n0ff150.Onsize();
        size0n0ff160 = FindObjectOfType<Size0n0ff160>();
        size0n0ff160.Offsize();

        HeightStorage.l = 150;
    }
    if (f == 140)
    {
        size0n0ff140 = FindObjectOfType<Size0n0ff140>();
        size0n0ff140.Onsize();
        size0n0ff150 = FindObjectOfType<Size0n0ff150>();
        size0n0ff150.Offsize();

        HeightStorage.l = 140;
    }
    if (f == 130)
    {
        size0n0ff130 = FindObjectOfType<Size0n0ff130>();
        size0n0ff130.Onsize();
        size0n0ff140 = FindObjectOfType<Size0n0ff140>();
        size0n0ff140.Offsize();

        HeightStorage.l = 130;
    }
    if (f == 120)
    {
        size0n0ff120 = FindObjectOfType<Size0n0ff120>();

```

```

        sizeOnOff120.Onsize();
        sizeOnOff130 = FindObjectOfType<SizeOnOff130>();
        sizeOnOff130.Offsize();

        HeightStorage.l = 120;
    }
    if (f == 110)
    {
        sizeOnOff110 = FindObjectOfType<SizeOnOff110>();
        sizeOnOff110.Onsize();
        sizeOnOff120 = FindObjectOfType<SizeOnOff120>();
        sizeOnOff120.Offsize();

        HeightStorage.l = 110;
    }
    if (f == 100)
    {
        sizeOnOff100 = FindObjectOfType<SizeOnOff100>();
        sizeOnOff100.Onsize();
        sizeOnOff110 = FindObjectOfType<SizeOnOff110>();
        sizeOnOff110.Offsize();

        HeightStorage.l = 100;
    }
    if (f == 90)
    {
        sizeOnOff90 = FindObjectOfType<SizeOnOff90>();
        sizeOnOff90.Onsize();
        sizeOnOff100 = FindObjectOfType<SizeOnOff100>();
        sizeOnOff100.Offsize();

        HeightStorage.l = 90;
    }
    if (f == 80)
    {
        sizeOnOff80 = FindObjectOfType<SizeOnOff80>();
        sizeOnOff80.Onsize();
        sizeOnOff90 = FindObjectOfType<SizeOnOff90>();
        sizeOnOff90.Offsize();

        HeightStorage.l = 80;
    }
    if (f <= 70)
    {
        sizeOnOff70 = FindObjectOfType<SizeOnOff70>();
        sizeOnOff70.Onsize();
        sizeOnOff80 = FindObjectOfType<SizeOnOff80>();
        sizeOnOff80.Offsize();

        HeightStorage.l = 70;
    }
}

// Update is called once per frame
void Update()
{
}
}

```

Control de la altura de la esfera

```
public class HeightStorage : MonoBehaviour
{
    StartKeyPress starKeyPress;
    SphereController2 sphereController2;
    RestartKeyPress restartKeyPress;
    SizeOnOff70 sizeOnOff70;
    SizeOnOff80 sizeOnOff80;
    SizeOnOff90 sizeOnOff90;
    SizeOnOff100 sizeOnOff100;
    SizeOnOff110 sizeOnOff110;
    SizeOnOff120 sizeOnOff120;
    SizeOnOff130 sizeOnOff130;
    SizeOnOff140 sizeOnOff140;
    SizeOnOff150 sizeOnOff150;
    SizeOnOff160 sizeOnOff160;
    SizeOnOff170 sizeOnOff170;
    SizeOnOff180 sizeOnOff180;
    SizeOnOff190 sizeOnOff190;
    SizeOnOff200 sizeOnOff200;

    PlayOnOff70 playOnOff70;
    PlayOnOff80 playOnOff80;
    PlayOnOff90 playOnOff90;
    PlayOnOff100 playOnOff100;
    PlayOnOff110 playOnOff110;
    PlayOnOff120 playOnOff120;
    PlayOnOff130 playOnOff130;
    PlayOnOff140 playOnOff140;
    PlayOnOff150 playOnOff150;
    PlayOnOff160 playOnOff160;
    PlayOnOff170 playOnOff170;
    PlayOnOff180 playOnOff180;
    PlayOnOff190 playOnOff190;
    PlayOnOff200 playOnOff200;

    public static float l;
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        l = 120;

        playOnOff70 = FindObjectOfType<PlayOnOff70>();
        playOnOff70.Offsize();
        playOnOff80 = FindObjectOfType<PlayOnOff80>();
        playOnOff80.Offsize();
        playOnOff90 = FindObjectOfType<PlayOnOff90>();
        playOnOff90.Offsize();
        playOnOff100 = FindObjectOfType<PlayOnOff100>();
        playOnOff100.Offsize();
        playOnOff110 = FindObjectOfType<PlayOnOff110>();
        playOnOff110.Offsize();
        playOnOff120 = FindObjectOfType<PlayOnOff120>();
        playOnOff120.Offsize();
        playOnOff130 = FindObjectOfType<PlayOnOff130>();
        playOnOff130.Offsize();
        playOnOff140 = FindObjectOfType<PlayOnOff140>();
        playOnOff140.Offsize();
        playOnOff150 = FindObjectOfType<PlayOnOff150>();
```

```

playOnOff150.Offsize();
playOnOff160 = FindObjectOfType<PlayOnOff160>();
playOnOff160.Offsize();
playOnOff170 = FindObjectOfType<PlayOnOff170>();
playOnOff170.Offsize();
playOnOff180 = FindObjectOfType<PlayOnOff180>();
playOnOff180.Offsize();
playOnOff190 = FindObjectOfType<PlayOnOff190>();
playOnOff190.Offsize();
playOnOff200 = FindObjectOfType<PlayOnOff200>();
playOnOff200.Offsize();

```

```

sizeOnOff70 = FindObjectOfType<SizeOnOff70>();
sizeOnOff80 = FindObjectOfType<SizeOnOff80>();
sizeOnOff90 = FindObjectOfType<SizeOnOff90>();
sizeOnOff100 = FindObjectOfType<SizeOnOff100>();
sizeOnOff110 = FindObjectOfType<SizeOnOff110>();
sizeOnOff130 = FindObjectOfType<SizeOnOff130>();
sizeOnOff140 = FindObjectOfType<SizeOnOff140>();
sizeOnOff150 = FindObjectOfType<SizeOnOff150>();
sizeOnOff160 = FindObjectOfType<SizeOnOff160>();
sizeOnOff170 = FindObjectOfType<SizeOnOff170>();
sizeOnOff180 = FindObjectOfType<SizeOnOff180>();
sizeOnOff190 = FindObjectOfType<SizeOnOff190>();
sizeOnOff200 = FindObjectOfType<SizeOnOff200>();

```

```

sizeOnOff70.Offsize();
sizeOnOff80.Offsize();
sizeOnOff90.Offsize();
sizeOnOff100.Offsize();
sizeOnOff110.Offsize();
sizeOnOff130.Offsize();
sizeOnOff140.Offsize();
sizeOnOff150.Offsize();
sizeOnOff160.Offsize();
sizeOnOff170.Offsize();
sizeOnOff180.Offsize();
sizeOnOff190.Offsize();
sizeOnOff200.Offsize();

```

```

l = 120;

```

```

}

```

Control del ímpetu de la esfera

```

public class SizeOnOffActivatorMinus : MonoBehaviour
{
    SizeOnOff14 sizeOnOff14;
    SizeOnOff13 sizeOnOff13;
    SizeOnOff12 sizeOnOff12;
    SizeOnOff11 sizeOnOff11;
    SizeOnOff10 sizeOnOff10;
    SizeOnOff9 sizeOnOff9;
    SizeOnOff8 sizeOnOff8;
    SizeOnOff7 sizeOnOff7;
    SizeOnOff6 sizeOnOff6;
    SizeOnOff5 sizeOnOff5;
    SizeOnOff4 sizeOnOff4;
    SizeOnOff3 sizeOnOff3;
    SizeOnOff2 sizeOnOff2;
    SizeOnOff1 sizeOnOff1;

```

```

private int f;

// Start is called before the first frame update
public void Iniciar()
{
    f = SizeStorage.i;
    f = f - 1;
    //if (f >= 14)
    //{
        //size0n0ff14 = FindObjectOfType<Size0n0ff14>();
        //size0n0ff14.Onsize();

        //SizeStorage.i = 14;
    //}
    //if (f == 13)
    //{
        //size0n0ff13 = FindObjectOfType<Size0n0ff13>();
        //size0n0ff13.Onsize();
        //size0n0ff14 = FindObjectOfType<Size0n0ff14>();
        //size0n0ff14.Offsize();

        //SizeStorage.i = 13;
    //}
    if (f >= 12)
    {
        size0n0ff12 = FindObjectOfType<Size0n0ff12>();
        size0n0ff12.Onsize();
        size0n0ff13 = FindObjectOfType<Size0n0ff13>();
        size0n0ff13.Offsize();

        SizeStorage.i = 12;
    }
    if (f == 11)
    {
        size0n0ff11 = FindObjectOfType<Size0n0ff11>();
        size0n0ff11.Onsize();
        size0n0ff12 = FindObjectOfType<Size0n0ff12>();
        size0n0ff12.Offsize();

        SizeStorage.i = 11;
    }
    if (f == 10)
    {
        size0n0ff10 = FindObjectOfType<Size0n0ff10>();
        size0n0ff10.Onsize();
        size0n0ff11 = FindObjectOfType<Size0n0ff11>();
        size0n0ff11.Offsize();

        SizeStorage.i = 10;
    }
    if (f == 9)
    {
        size0n0ff9 = FindObjectOfType<Size0n0ff9>();
        size0n0ff9.Onsize();
        size0n0ff10 = FindObjectOfType<Size0n0ff10>();
        size0n0ff10.Offsize();

        SizeStorage.i = 9;
    }
    if (f == 8)
    {

```

```

        size0n0ff8 = FindObjectOfType<Size0n0ff8>();
        size0n0ff8.Onsize();
        size0n0ff9 = FindObjectOfType<Size0n0ff9>();
        size0n0ff9.Offsize();

        SizeStorage.i = 8;
    }
    if (f == 7)
    {
        size0n0ff7 = FindObjectOfType<Size0n0ff7>();
        size0n0ff7.Onsize();
        size0n0ff8 = FindObjectOfType<Size0n0ff8>();
        size0n0ff8.Offsize();

        SizeStorage.i = 7;
    }
    if (f == 6)
    {
        size0n0ff6 = FindObjectOfType<Size0n0ff6>();
        size0n0ff6.Onsize();
        size0n0ff7 = FindObjectOfType<Size0n0ff7>();
        size0n0ff7.Offsize();

        SizeStorage.i = 6;
    }
    if (f == 5)
    {
        size0n0ff5 = FindObjectOfType<Size0n0ff5>();
        size0n0ff5.Onsize();
        size0n0ff6 = FindObjectOfType<Size0n0ff6>();
        size0n0ff6.Offsize();

        SizeStorage.i = 5;
    }
    if (f == 4)
    {
        size0n0ff4 = FindObjectOfType<Size0n0ff4>();
        size0n0ff4.Onsize();
        size0n0ff5 = FindObjectOfType<Size0n0ff5>();
        size0n0ff5.Offsize();

        SizeStorage.i = 4;
    }
    if (f == 3)
    {
        size0n0ff3 = FindObjectOfType<Size0n0ff3>();
        size0n0ff3.Onsize();
        size0n0ff4 = FindObjectOfType<Size0n0ff4>();
        size0n0ff4.Offsize();

        SizeStorage.i = 3;
    }
    if (f == 2)
    {
        size0n0ff2 = FindObjectOfType<Size0n0ff2>();
        size0n0ff2.Onsize();
        size0n0ff3 = FindObjectOfType<Size0n0ff3>();
        size0n0ff3.Offsize();

        SizeStorage.i = 2;
    }
    if (f <= 1)

```

```
{
    sizeOnOff1 = FindObjectOfType<SizeOnOff1>();
    sizeOnOff1.Onsize();
    sizeOnOff2 = FindObjectOfType<SizeOnOff2>();
    sizeOnOff2.Offsize();

    SizeStorage.i = 1;
}
```

```
}
```

Botón de reinicio de las esferas

```
public class ThreeRestartKeyPress : MonoBehaviour
{
    SphereControllerCinetic2 sphereControllerCinetic;
    public void Start()
    {
        sphereControllerCinetic = FindObjectOfType<SphereControllerCinetic2>();
        sphereControllerCinetic.Reiniciar();
    }
}
```

